

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

CATEDRA: PRODUCCION DE OBRAS 2
TALLER: OCAMA

CALIDAD TERMICA EDILICIA

Publicación preparada por:

Jorge Daniel CZAJKOWSKI
Analía Fernanda GOMEZ.
Arquitectos

INDICE

1.	Coefficiente de Transmitancia Térmica "K"	1
	1.1. Coeficiente K: pisos y muros	7
	1.2. Coeficiente K: cubiertas	14
	Terminología	18
2.	El Coeficiente Global de Pérdidas Térmicas "G"	19
3.	Zonas biambientales	21
	3.1. Zona I: Muy cálida	21
	3.2. Zona II: Cálida	22
	3.3. Zona III: Templada cálida	22
	3.4. Zona IV: Templada fría	23
	3.5. Zona V: Fría	23
	3.6. Zona VI: Muy fría	23
4.	Carga térmica anual del edificio	26
5.	Verificación del riesgo de condensación superficial e intersticial	28
	5.1. Comportamiento de muros y techos en función de la temperatura y humedad	28
	5.2. La condensación superficial	29
	5.3. La condensación intersticial	29
	5.4. Conceptos sobre los efectos de la humedad en los materiales de construcción	31
	5.5. Cálculo del riesgo de condensación	33
	5.5.a. Método de verificación del riesgo de condensación sup.	34
	5.5.b. Proceso inverso para determinar la resistencia térmica mínima evitando la condensación superficial	35
	5.6. Verificación del riesgo de condensación intersticial	35
	5.7. Bibliografía	37

MAYO 1992

CALIDAD TERMICA EDILICIA

1. COEFICIENTE DE TRANSMITANCIA TERMICA "K"

Se han desarrollado métodos para estimar cómo se pierde calor en un edificio, calculando las cantidades de calor que se pierden a través de cada elemento. Utilizándolos, se puede calcular la cantidad de calor por unidad de tiempo que se pierde a través de muros, pisos, cubierta, ventanas, etc., y luego sumando estos resultados podamos tener la pérdida de calor de todo el edificio.

El valor que representa la pérdida de calor unitaria de una parte de envolvente del edificio se la llama coeficiente "K".

Este valor corresponde a temperaturas interiores y exteriores estables en el tiempo. No corresponde a elementos expuestos a la radiación solar que calienta la superficie del elemento, ya que el flujo de calor depende de las diferencias de temperatura a ambos lados del elemento y no de la superficie. La unidad de "K" es $W/m^2 \cdot ^\circ C$.

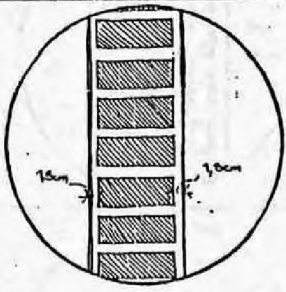
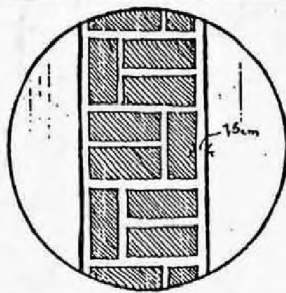
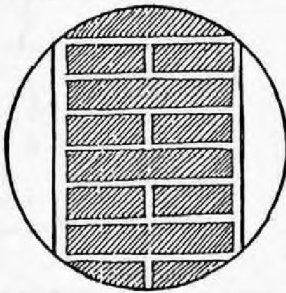
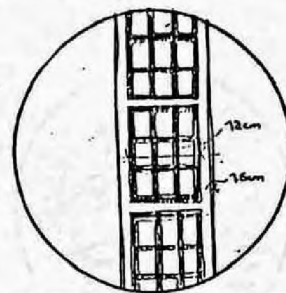
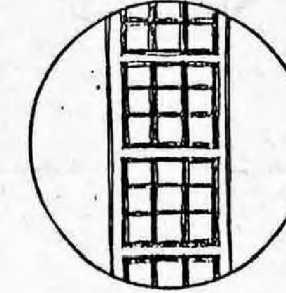
Por ejemplo, una ventana normal de vidrio simple tiene un coeficiente "K" de 5,3 watios por metro cuadrado y grado centígrado. Esto significa que cada metro cuadrado de ventana perderá una cantidad de calor por unidad de tiempo de 5,3 W por cada grado de diferencia de temperatura entre el interior y el exterior. En otras palabras, si la temperatura interior es de $20^\circ C$ y la temperatura exterior es de $19^\circ C$ cada metro de ventana perderá 5,3 W; si la temperatura exterior baja hasta $0^\circ C$ (punto de congelación) y la interior se mantiene a $20^\circ C$ el calor que se pierde a través del cristal subirá hasta $5,3 \times 20 = 106$ W. Para mantener la temperatura de la casa habrá que suministrar 106 W de calefacción por cada metro cuadrado de cristal.

En el Cuadro 1 se muestran algunos coeficientes "K" característicos para algunas partes del edificio. Cuanto menor sea el coeficiente "K" mejor será el aislamiento.

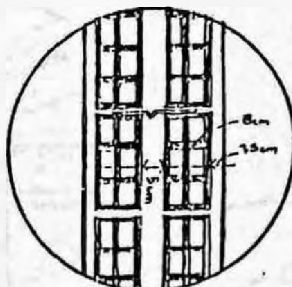
EJEMPLO

Para hallar las pérdidas de calor en un muro de ladrillo macizo con cámara de aire con una ventana de marco metálico y vidrio simple hay que multiplicar el coeficiente "K" del muro por la superficie, y el coeficiente "K" de la ventana por su área. Si el muro tiene 5 metros de largo y 2,3 metros de altura, midiendo la ventana 1 metro por 1,2 metros, la superficie será $5 \text{ m} \times 2,3 \text{ m} = 11,5 \text{ m}^2$ menos la superficie de la ventana, $1,0 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} = 1,2 \text{ m}^2$, dando una superficie total del muro de $10,3 \text{ m}^2$. Las pérdidas de calor a través del muro serán $10,3 \text{ m}^2 \times 1,7$ (el coeficiente "K" se toma de la tabla) = $17,51 \text{ W}/^\circ C$; las pérdidas de calor a través de la ventana serán $1,2 \text{ m}^2 \times 5,6 = 6,72 \text{ W}/^\circ C$ por cada grado de diferencia de temperatura.

CUADRO 1. VALORES DE TRANSMITANCIA TERMICA PARA ALGUNAS SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS. (Norma IRAM 11 601/86)

MUROS	
	<p><u>LADRILLOS MACIZOS:</u></p> <p>1.5 cm. de revoque en ambas caras.</p> <p>Espesor: 15 cm.</p> <p>Resistencia: $R = 0.37 \text{ m}^2\text{°C/W}$</p> <p>Transmitancia: $K = 2.67 \text{ W/m}^2\text{°C}$</p>
	<p><u>LADRILLOS MACIZOS:</u></p> <p>1.5 cm. de revoque en ambas caras.</p> <p>Espesor: 20 cm.</p> <p>Resistencia: $R = 0.45 \text{ m}^2\text{°C/W}$</p> <p>Transmitancia: $K = 2.21 \text{ W/m}^2\text{°C}$</p>
	<p><u>LADRILLOS MACIZOS:</u></p> <p>1.5 cm. de revoque en ambas caras.</p> <p>Espesor: 30 cm.</p> <p>Resistencia: $R = 0.53 \text{ m}^2\text{°C/W}$</p> <p>Transmitancia: $K = 1.88 \text{ W/m}^2\text{°C}$</p>
	<p><u>LADRILLOS HUECOS:</u></p> <p>1.5 cm. de revoque en ambas caras.</p> <p>Espesor: 15 cm.</p> <p>Resistencia: $R = 0.51 \text{ m}^2\text{°C/W}$</p> <p>Transmitancia: $K = 1.98 \text{ W/m}^2\text{°C}$</p>
	<p><u>LADRILLOS HUECOS:</u></p> <p>1.5 cm. de revoque en ambas caras.</p> <p>Espesor: 21 cm.</p> <p>Resistencia: $R = 0.54 \text{ m}^2\text{°C/W}$</p> <p>Transmitancia: $K = 1.84 \text{ W/m}^2\text{°C}$</p>

MUROS



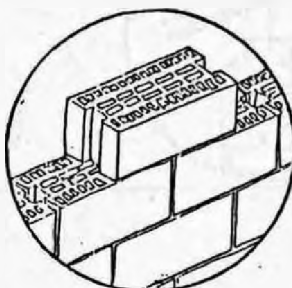
LADRILLOS HUECOS:

1.5 cm. de revoque en ambas caras.

Espesor: 24 cm. (doble muro con cámara de aire)

Resistencia: $R = 0.69 \text{ m}^2\text{C/W}$

Transmitancia: $K = 1.45 \text{ W/m}^2\text{C}$



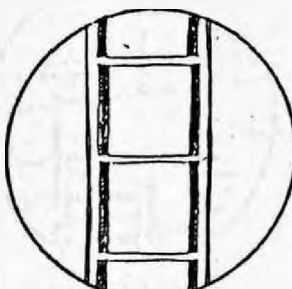
LADRILLOS HUECOS:

1.5 cm. de revoque en ambas caras.

Espesor: 21 cm. (autoportante)

Resistencia: $R = 0.70 \text{ m}^2\text{C/W}$

Transmitancia: $K = 1.42 \text{ W/m}^2\text{C}$



BLOQUE DE HORMIGÓN:

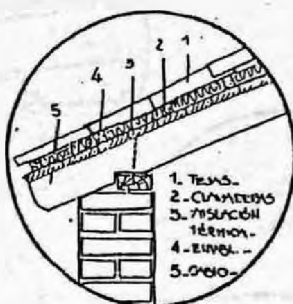
1.5 cm. de revoque en ambas caras.

Espesor: 20 cm.

Resistencia: $R = 0.61 \text{ m}^2\text{C/W}$

Transmitancia: $K = 1.63 \text{ W/m}^2\text{C}$

CUBIERTAS



TEJAS: de cualquier tipo

Entablado de madera a la vista.

Transmitancias sin aislación:

$K = 2.58 \text{ W/m}^2\text{C}$

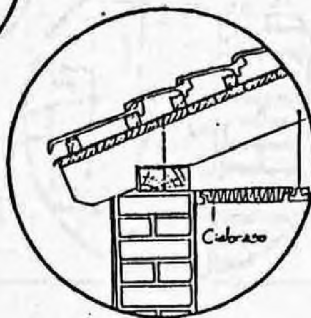
$K = 3.23 \text{ W/m}^2\text{C}$

Transmitancias con 1" de aislación:

$K = 1.05 \text{ W/m}^2\text{C}$

$K = 1.14 \text{ W/m}^2\text{C}$

CUBIERTAS



TEJAS: de cualquier tipo

Entablonado de madera, cielorraso suspendido.

Transmitancias sin aislación:

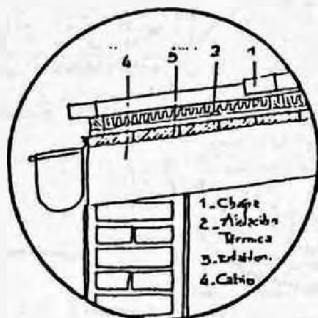
$$^{\wedge} K = 0.92 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$v K = 1.44 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

Transmitancias con 1" de aislación:

$$^{\wedge} K = 0.61 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$v K = 0.79 \text{ W/m}^2\text{°C}$$



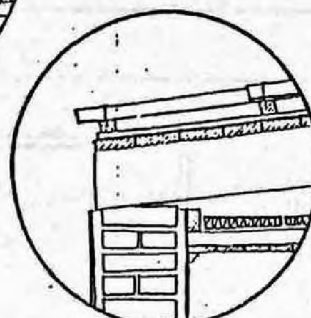
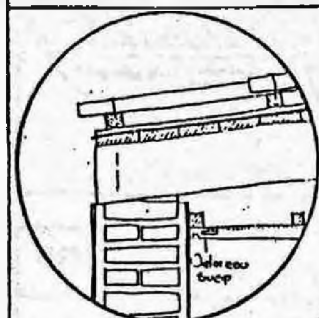
CHAPA METALICA:

Entablonado de madera a la vista, aislación de 1".

Transmitancias:

$$^{\wedge} K = 0.99 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$v K = 1.44 \text{ W/m}^2\text{°C}$$



CHAPA METALICA:

Entablonado de madera, cielorraso suspendido.

Transmitancias sin aislación:

$$^{\wedge} K = 0.92 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

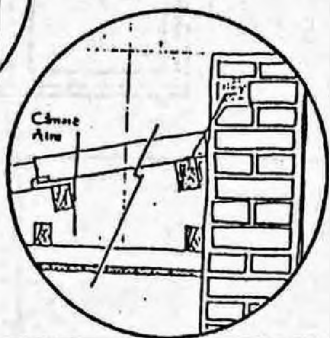
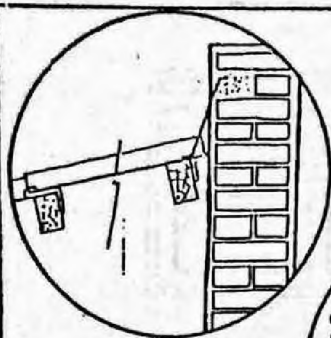
$$v K = 1.44 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

Transmitancias con 1" de aislación:

$$^{\wedge} K = 0.61 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$v K = 0.79 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

CUBIERTAS



CHAPA DE ASBESTO CEMENTO:

Transmitancias sin cámara de aire:

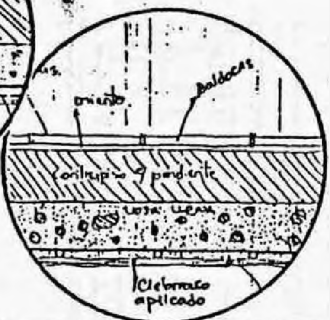
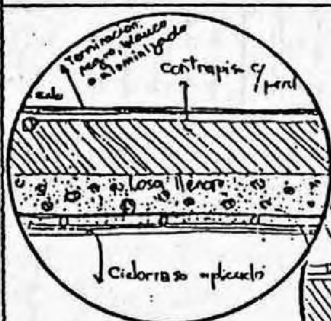
$$^{\wedge} K = 4.84 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$^{\vee} K = 6.83 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

Transmitancias con cámara de aire:
(cielorraso suspendido) :

$$^{\wedge} K = 1.06 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$^{\vee} K = 1.74 \text{ W/m}^2\text{°C}$$



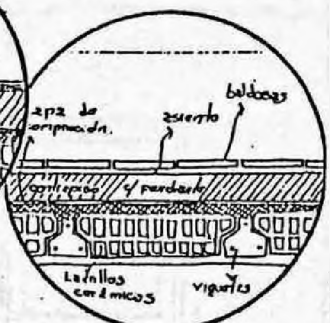
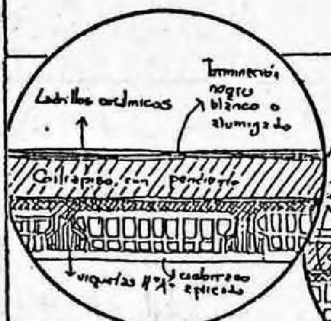
LOSA LLENA DE HORMIGÓN ARMADO:

Cielorraso aplicado a la cal o yeso, losa de H^oA^o,
contrapiso de H^opobre, aislación hidráulica y termi-
nación: negro, blanco o aluminio (inaccesible)
baldosas de azotea (accesible)

Transmitancias inaccesible y accesible:

$$^{\wedge} K = 3.82 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$^{\vee} K = 4.95 \text{ W/m}^2\text{°C}$$



LOSA CERAMICA:

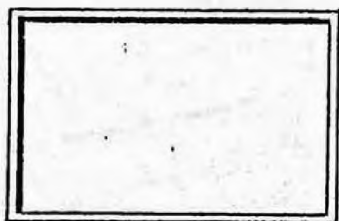
Idem Losa llena de H^oA^o

Transmitancias inaccesible y accesible:

$$^{\wedge} K = 1.62 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$^{\vee} K = 1.79 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

ABERTURAS



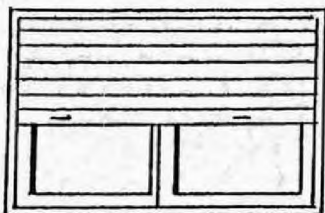
VENTANAS SIN PROTECCION:

Vidrio simple.

Resistencia: $R = 0.17 \text{ m}^2\text{°C/W}$

Transmitancia: $K = 5.82 \text{ W/m}^2\text{°C}$

ABERTURAS

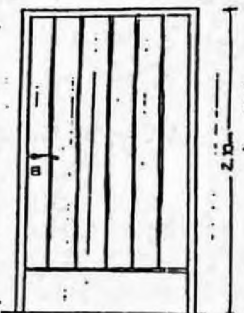


VENTANAS CON PROTECCION:

Postigones, cortina de enrollar, cortina genero pesado.

Resistencia: $R = 0.36 \text{ m}^2\text{C/W}$

Transmitancia: $K = 2.79 \text{ W/m}^2\text{C}$



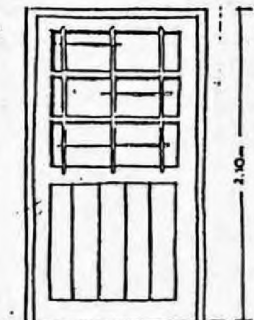
PUERTA MADERA MACIZA O TABLERO:

Espesor: 2" ó 5 cm.

Transmitancia: $K = 2.61 \text{ W/m}^2\text{C}$

Por infiltración de aire:

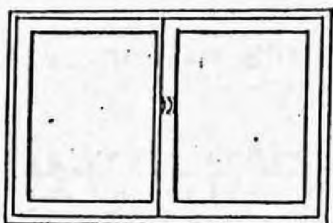
Transmitancia: $K = 6.65 \text{ W/m}^2\text{C}$



PUERTA CHAPA CON O SIN VIDRIO:

Por infiltración de aire:

Transmitancia: $K = 6.65 \text{ W/m}^2\text{C}$



VENTANA CORREDIZA:

Material: Marco y hoja de chapa doblada.

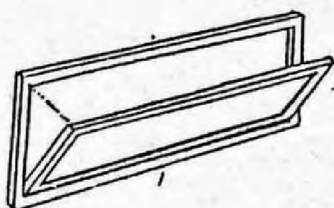
Por infiltración de aire

Transmitancia: $K = 6.65 \text{ W/m}^2\text{C}$

Material: Marco de chapa y hojas de aluminio, marcos y hojas de aluminio, marcos y hojas de madera.

Por infiltración de aire

Transmitancia: $K = 4.02 \text{ W/m}^2\text{C}$



VENTANA BANDEROLA:

Material: Marco y hoja de aluminio.

Por infiltración de aire

Transmitancia: $K = 2.10 \text{ W/m}^2\text{C}$

Material: Marco de chapa y hojas de perfilera de acero

Por infiltración de aire

Transmitancia: $K = 5.60 \text{ W/m}^2\text{C}$

1.1. COEFICIENTE K: PISOS Y MUROS

Evidentemente surge un problema en el cálculo de las pérdidas de calor, si el elemento constructivo en cuestión no figura en ninguna tabla o si lo que se quiere saber es el efecto que tiene sobre un coeficiente K conocido la colocación de un aislamiento suplementario. Para solucionar este problema se necesita saber cómo hallar un coeficiente K determinado.

El coeficiente K de cualquier elemento constructivo es el recíproco de su resistencia; así pues, $K=1/R$. La resistencia R es la suma de las resistencias de cada parte de que se compone el elemento constructivo. Por lo tanto:

$$R = R_{s1} + R_{se} + R_{ca} + R_1 + R_2 \dots + R_n$$

En esta ecuación los símbolos tienen los siguientes significados:

R_{s1} es la resistencia de la superficie interior; esto es, la propiedad aislante de la delgada capa de aire en reposo que se encuentra inmediatamente detrás del material. Esta capa se encuentra en reposo debido a la aspereza (a veces microscópica) de la superficie, y al estar en reposo no transmite el calor por convección. A medida que nos vamos alejando de la superficie, el aire empieza a moverse, añadiendo pérdidas de calor por convección a las originadas por conducción y por radiación a través de la capa de aire en reposo.

En la resistencia de la superficie interior influye la emisividad de la superficie, siendo ésta la capacidad del material para reflejar o absorber la energía de radiación. Todos los materiales constructivos, incluido el vidrio, tienen una emisividad alta: los valores de la emisividad más baja a partir de los cuales hallamos valores de R_{s1} (en el centro a la izquierda) sólo se deben utilizar para superficies metálicas no pintadas como el aluminio, acero inoxidable, acero galvanizado, etc., que reflejan el calor irradiado.

R_{se} es la resistencia de la capa de aire en reposo que hay en la superficie exterior. A menudo, se supone que este valor varía según el grado de exposición del edificio, pero para hallar los coeficientes K estándar no se tienen en cuenta las variaciones (que tienen muy poca influencia en la respuesta final) utilizándose los valores del Cuadro 2.

CUADRO 2. VALORES DE RESISTENCIAS SUPERFICIALES ($m^2 \cdot ^\circ C$) EN FUNCION DE LA EMISIVIDAD DE LA SUPERFICIE. (Norma IRAM 11601/87)

Estado del aire.	Posición de la superficie	Dirección del flujo de calor hacia.	Epoca del año	Emisividad de la superficie		
				0.05 BAJA	0.20 MEDIA	0.90 ALTA
Quieto (interior).	Horizontal	arriba	---	0.23	0.14	0.11
	45°	arriba	---	0.24	0.20	0.11
	Vertical	horizontal	---	0.30	0.24	0.12
	45°	abajo	---	0.39	0.29	0.13
	Horizontal	abajo	---	0.89	0.47	0.16
En movimiento (exterior)	No influye	No influye	Invierno	0.03		
			Verano	0.04		

R_{oa} es la resistencia de las cámaras de aire que haya dentro del elemento. Si, por ejemplo, hay un cámara de aire que tenga una lámina de aluminio en ambos lados, su poder de aislamiento mejorará al reducirse las pérdidas de calor originadas por la radiación. Si hay más de una cámara de aire, entonces se ponen en la ecuación tantos coeficientes R_{oa} como cámaras de aire haya. Los coeficientes estándar son los que se dan en el Cuadro 3. La columna de "emisividad superficial" se refiere a la emisividad de las materiales que forman los lados de la cámara de aire.

CUADRO 3. RESISTENCIA TERMICA DE CAMARAS DE AIRE SIN VENTILACION. (Norma IRAM 11 601/74)

Espesor de la cámara de aire (cm)	Resistencias térmicas ($R = m^2 \cdot ^\circ C/W$)					
	Cámara de aire vertical		Cámara de aire horizontal			
			Calor desde abajo -		Calor desde arriba	
1	Alta emisiv.	0.14	Alta emisiv.	0.13	Alta emisiv.	0.14
1	Baja emisiv.	0.30	Baja emisiv.	0.27	Baja emisiv.	0.24
2	Alta emisiv.	0.15	Alta emisiv.	0.15	Alta emisiv.	0.19
2	Baja emisiv.	0.43	Baja emisiv.	0.35	Baja emisiv.	0.50

NOTA: Alta emisividad se refiere a la mayoría de los materiales de construcción que componen las paredes de la cámara de aire. Baja emisividad se refiere a superficies de alta reflectancia como ser una película de aluminio brillante.

Estos valores se aplican también a las cámaras de aire en cubiertas, poco ventiladas, para impedir la condensación, y a las cámaras de aire en muros normales, pero para cámaras de aire ventiladas se deben utilizar los valores del Cuadro 4.

CUADRO 4. RESISTENCIA TERMICA DE ESPACIOS DE AIRE ENTRE EDIFICIOS (ATICOS). (Norma IRAM 11 601/74)

DENOMINACION	Resistencias térmicas ($R = m^2 \cdot ^\circ C/W$)	
	Calor desde abajo	Calor desde arriba
1 Espacio de atico e/ chapas de fibroces. y cielorraso plano	0.19	0.15
2 IDEM ant. pero chapas de aluminio o hierro galvanizado	0.35	0.22
3 Espacio de ático e/ tejas sobre ruberoid y cielorraso plano	0.23	0.17
4 IDEM anteriores interponiendo lámina de aluminio brillante	0.60	0.30
5 Espacio de aire entre tejas y fieltro impermeable (ruberoid)	0.15	0.12

R_1, R_2 , etc. son las resistencias de los materiales utilizados en el cerramiento. Estas se hallan dividiendo el espesor de material en metros por su conductividad térmica o coeficiente K .

Los coeficientes K de la mayor parte de los materiales constructivos más corrientes se han hallado mediante ensayos de laboratorio, y cuando estos materiales se utilizan en un estado seco, el coeficiente K se puede hallar en el cuadro y utilizar directamente en los cálculos. Sin embargo los materiales de albañilería que estén expuestos a la lluvia como, por ejemplo, los muros exteriores de una casa, perderán parte de su poder aislante debido a la humedad. En el Cuadro 5 se dan algunos ejemplos. Los valores "secos" se deben utilizar para los elementos de albañilería de la hoja interior de un muro con cámara de aire y los valores "húmedos" para la hoja exterior. Los valores correspondientes a densidades que no se den en el cuadro pueden obtenerse por interpolación.

CUADRO 5. (La Casa Autosuficiente. Brenda y Robert Vale. Ed. H. Blume. 1983).

DENSIDAD EN SECO	PARED DE LADRILLO PROTEGIDA DE LA LLUVIA, HUMEDAD 1%	MORMIGON O PIEDRA PROTEGIDOS DE LA LLUVIA, HUMEDAD 3%	LADRILLO, MORMIGON O PIEDRA EXPUESTOS A LA LLUVIA, HUMEDAD 5%
200	0.09	0.11	0.12
400	0.12	0.15	0.16
600	0.15	0.19	0.20
800	0.19	0.23	0.26
1000	0.24	0.30	0.33
1200	0.31	0.38	0.42
1400	0.42	0.51	0.57
1600	0.54	0.66	0.73
1800	0.71	0.87	0.96
2000	0.92	1.13	1.24
2200	1.18	1.45	1.60
2400	1.49	1.83	2.00

Nota: Los porcentajes que hay en los encabezamientos de las columnas representan el contenido de humedad expresado como porcentaje del volumen.

A continuación damos algunos ejemplos de densidades más corrientes para algunos materiales de albañilería. Estos se pueden utilizar junto con los del Cuadro 5 para hallar el coeficiente K del material.

CUADRO 8. DENSIDAD (ρ), CONDUCTIVIDAD TERMICA (λ), PERMEABILIDAD (μ) Y PERMEANCIA (p) (Propiedades higrotérmicas de los materiales. Fucaraccio y Volantino. INTI, 1983)

MATERIALES	DENSIDAD (kg/m ³)	CONDOC. TERMICA (W/m°C)	PERMEABILIDAD (g/m h K Pa)	PERMEANCIA (g/n²h K Pa)
<u>ASBESTO CEMENTO</u> en placas	600	0.15		
	800	0.30	2.6×10^{-2}	
<u>BALDOSAS</u>				
Cerámicas	1800	0.70	0.32×10^{-2}	
Calcáreas	2100	1.15	0.2×10^{-2}	
Plásticas	1000	0.51	0.08×10^{-2}	
<u>CUBIERTAS</u>				
Bitumen	1050	0.16		
Cartón embreado	1100	0.14		
Tejas	2000	0.70		
Chapas metálicas		58		
<u>HORMIGONES</u>				
Con agregados pétreos	2000	1.16	3.0×10^{-2}	
	2400	1.63	2.0×10^{-2}	
De cascote de ladrillo triturado	1600	0.76		
	1800	0.93	4.4×10^{-2}	
Con arcilla expandida	800	0.29	10.0×10^{-2}	
	1000	0.42	7.0×10^{-2}	
<u>LADRILLOS MACIZOS</u>	1600	0.81	9.0×10^{-2}	
	1800	0.91	9.0×10^{-2}	
	2000	1.10	9.0×10^{-2}	
<u>MADERAS</u>				
Pino, abeto y otras maderas blandas paralela a las fibras	400 a 600	0.13 a 0.19	2.25×10^{-2}	
Madera dura	1200 a 1400	0.34	4.5×10^{-2}	
Madera terciada	600	0.11	0.1×10^{-2}	
Parquet	500	0.17		
Tableros aglomerados	300	0.069	0.33	
	500	0.087	4.3×10^{-2}	
	700	0.11	1.6×10^{-2}	
Laminado plástico decorativo	1400	0.49	0.13×10^{-2}	
<u>MATERIALES AISLANTES</u>				
Poliestireno expandido en planchas	15	0.041	0.75×10^{-2}	
	20	0.035		
Fibra de vidrio en planchas	11	0.045	0.6	
	25	0.042		
<u>MATERIALES EN POLVO O EN GRANOS</u>				
Arcillas	1200	0.37		
Árenas (para la construcción)	1500	0.30		
Terreno natural	1600 a 1900	0.28 a 2.8		
Yeso	1400	0.70		
<u>MORTEROS</u>				
de revoques y de juntas	1800 a 2000	1.16	4.4×10^{-2}	
de cemento y arena (dosif. 1:3)	2000	1.13	2.2×10^{-2}	
de yeso y arena (dosif. 3:1)	1550	0.65	6.9×10^{-2}	
de cal y yeso	1400	0.70	6.5×10^{-2}	
<u>PELICULAS Y BARRERAS DE VAPOR</u>				0
Hoja de aluminio. Esp= 25 micrones				1.12×10^{-2}
8 micrones				3.3×10^{-2}

MATERIALES	DENSIDAD (Kg/m ³)	CONDUCC. TERMICA (W/m°C)	PERMEABILIDAD (g/m h K Pa)	PERMEANCIA (g/m ² h K Pa)
Poliétileno. Esp= 50 micrones				1.6×10^{-2}
100 micrones				0.8×10^{-2}
200 micrones				2.28
Filtro alquitranado				0.67
Filtro asfáltico				
<u>PIEDRAS NATURAL</u>				
Toba	1200	0.31		
Caliza compacta	2000	1.16		
Arenisca	2200	1.40		
Mármol	2600	3.00		
Granito	2800	3.50		
Pizarra	2700	1.70		
<u>PINTURAS</u>				
Capa bituminosa en frío. Esp= 1 cm				1.08
2 capas asfálticas s/ madera terciada				0.08
Barnizado de aluminio sobre madera				0.06 a 0.19
Pintura a base de siliconas				3.75
Pintura esmalte sobre revoque				0.40
Pintura a la cal				75
<u>VARIOS</u>				
Nieve	150	0.12		
	300	0.23		
	500	0.47		
Metales			0	
Aire en reposo				75
Aire en movimiento				150
Azulejos			0.32×10^{-2}	150
<u>VIDRIOS</u>				
Para ventanas	2400	58	6.4×10^{-2}	
En bloques		0.65 a 0.72		
<u>YESO ENDUIDO</u>	1000	0.49		
en planchas	800	0.37		

Si el muro no tiene cámara de aire no habrá separación entre sus superficies seca y húmeda por lo que se deba utilizar el coeficiente "K" correspondiente al muro expuesto a la lluvia.

Finalmente para calcular los coeficientes "K" se necesita también una lista de coeficientes "K" para materiales que no son de albañilería entre los que están los materiales aislantes.

EJEMPLO

Utilizando estos valores y las fórmulas dadas más arriba se puede calcular el coeficiente "K" de cualquier elemento. Como ejemplo consideraremos un muro doble de ladrillos macizos con una cámara de aire de 2 cm revocado en el interior.

Recordando que $K = 1/R$ y que $R = R_{s1} + R_{s2} + R_{ca} + R_1 + R_2 \dots + R_n$, es fácil sustituir los valores dados en las tablas dentro de la ecuación en la forma siguiente:

$R_{mi} = 0.12$ porque el muro tiene una emisividad alta, y no está hecho de metal pulido, y el flujo de calor es horizontal (porque es un muro).

$R_{ma} = 0.043$ porque es un muro de alta emisividad.

$R_{oa} = 0.15$ porque la cámara de aire tiene una anchura mayor de 0.2 cm, tiene superficies de alta emisividad (ladrillo), el flujo de calor es horizontal y no está ventilada.

$R_1 = \frac{0.12}{0.91}$ donde 0.12 es el espesor de ladrillo y 0.91 es el coeficiente dado en tabla para ladrillos normales (1800 Kg/m³ de densidad en seco).

$R_2 = \frac{0.12}{0.91}$ idem anterior por ser el mismo material.

$R_3 = \frac{0.015}{1.16}$ El espesor corresponde al revoque y el coeficiente es el que corresponde al mortero de revoque

Sumando todas estas cifras el resultado es:

$$R = 0.12 + 0.043 + 0.15 + \frac{0.12}{0.91} + \frac{0.12}{0.91} + \frac{0.015}{1.16}$$

$$R = 0.12 + 0.043 + 0.15 + 0.13 + 0.13 + 0.013$$

$$R = 0.586$$

$$K = \frac{1}{0.586} = 1.71 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

Después de hallar este coeficiente y después de comprobar que no es mucho el aislamiento que proporciona, quizá se decida ver el efecto que puede tener rellenar la cámara de aire con espuma de poliestireno expandido. Para calcular su efecto, no se debe hacer todo el cálculo nuevamente, simplemente se cambia el valor correspondiente a la cámara de aire por el valor correspondiente al poliestireno expandido en el coeficiente K que se calculó anteriormente.

En primer lugar se obtiene la resistencia total. Como $R = 1/K$ y en el ejemplo $K = 1.71$, R es 0.586. A partir del cálculo anterior R_{oa} es 0.15, por lo que la resistencia del muro menos la cámara de aire es $0.586 - 0.15 = 0.436$. El espesor del poliestireno será igual al de la cámara de aire, 0.5 cm y el coeficiente de la tabla es 0.03 de forma que la resistencia del poliestireno será:

$$\frac{0.05}{0.03} = 1.67$$

Cuando esto se le suma a la resistencia R del resto del muro, el resultado es:

$$0.436 + 1.67 = 2.11$$

lo cual nos da un coeficiente "K",

$$K = \frac{1}{2.11} = 0.47 \text{ W/m}^2\text{°C.}$$

El poliestireno ha hecho que se consiga un aislamiento del muro de más del doble.

En la Planilla 1 se muestra el cálculo del coeficiente "K" con el ejemplo analizado.

Para poder realizar la verificación del coeficiente "K" máximo admisible de acuerdo a la zona bioambiental definida en la IRAM 11 603, es que se adjunta el Cuadro 7 de acuerdo a lo expuesto en la IRAM 11 605.

CUADRO 7. TRANSMITANCIA TERMICA: VALORES MAXIMOS SEGUN LA NORMA IRAM 11 605 (1980). (Diseño Bioambiental y Arquitectura Solar. Evans, de Schiller. EUDEBA.)

ZONA BIOAMBIENTAL	CONDICIONES	W/m²°C según peso Kg/m²						
		0	50	100	200	400	500	600
Ia y IIa	Pared Este, Oeste y Norte	0.93	1.16	1.34	1.56	2.79	3.25	3.72
	Pared sur	1.51	1.63	1.74	1.96	2.94	3.83	4.30
	Techo	0.93	1.03	1.16	1.39	1.86	2.09	2.32
Ib y IIb	Pared Norte y Sur	1.86	1.92	1.98	2.09	2.32	2.44	2.56
	Pared Este y Oeste	1.51	1.57	1.70	1.84	1.97	2.09	2.21
	Techo	1.04	1.10	1.16	1.27	1.50	1.62	1.74
IIa	Pared	1.51	1.57	1.70	1.84	1.97	2.09	2.21
	Techo	1.04	1.10	1.16	1.27	1.50	1.62	1.74
IIb	Pared Norte	1.86	1.92	1.96	2.09	2.32	2.44	2.56
	Pared Este, Oeste y Sur	1.51	1.57	1.70	1.84	1.97	2.09	2.21
	Techo	1.04	1.10	1.16	1.27	1.50	1.62	1.74
IVa y IVb	Pared	0.93	1.16	1.34	1.56	2.79	3.25	3.72
	Techo	0.93	1.03	1.16	1.39	1.86	2.09	2.32
IVc y IVd	Pared	1.51	1.57	1.70	1.84	1.97	2.09	2.21
	Techo	1.04	1.10	1.16	1.27	1.50	1.62	1.74
V y VI	Pared	1.16	1.22	1.28	1.39	1.50	1.74	1.86
	Techo	0.93	0.99	1.05	1.17	1.29	1.51	1.63

Nota: Consultar la Norma IRAM 11 605 para definiciones, límites de orientación y excepciones para paredes con colores claros y con protección solar.

1.2. COEFICIENTE K: CUBIERTAS

En cuanto al cálculo del "K" de techos se procede de la misma manera que los anteriores con dos precauciones:

- a. Se deberá considerar el período en que se realiza la verificación (invierno o verano) para la adopción de la resistencia superficial. Esto se debe a que en verano el flujo de calor es de arriba hacia abajo y en invierno es a la inversa. Estos valores están consignados en los Cuadros 2 y 3.
- b. Se deberá considerar la presencia de ático en el entretecho y si éste es ventilado o no, según Cuadro 4.

En la Planilla 2 se muestra la resolución del "K" de un tipo de techo.

**PLANILLA 1. CALCULO COEFICIENTE DE TRANSMISION TERMICA "K" DE CERRAMIENTOS
NORMA IRAM 11 601**

<p>1. ELEMENTO: MURO LADRILLO MACIZO</p> <p>2. FORMA CONSTRUCTIVA: DOBLE c/CAMARA AIRE.</p> <p>3. ORIENTACION: N, S, E, O.</p> <p>4. SENTIDO DEL FLUJO DE CALOR: ↔</p> <p>5. ZONA BIOAMBIENTAL: IIIa</p>																																																								
<p>6. Resistencias superficiales, capas de materiales, resistencia de la cámara de aire</p> <p>Tablas correspondientes a la Norma IRAM 11 601</p>	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width:15%;">7 Espesor</th> <th style="width:15%;">8 Coef. Conduct.</th> <th style="width:15%;">9 Resis. térmica</th> <th style="width:15%;">10 Densidad</th> <th style="width:15%;">11 Peso x m²</th> </tr> <tr> <td>e metros</td> <td>λ W/m°C</td> <td>R e/λ m²°C/W</td> <td>γ kg/m³</td> <td>e. γ kg/m²</td> </tr> <tr> <td>Esp. de c/capa</td> <td>Cuadro 1</td> <td>RSE-RSI Cuadro 2</td> <td>Cuadro 1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>RSI</td> <td align="center">—</td> <td align="center">0.12</td> <td align="center">—</td> <td align="center">—</td> </tr> <tr> <td>REVOQUE</td> <td align="center">0.015</td> <td align="center">1.16</td> <td align="center">0.013</td> <td align="center">1800</td> </tr> <tr> <td>LADRILLO</td> <td align="center">0.12</td> <td align="center">0.91</td> <td align="center">0.13</td> <td align="center">1.800</td> </tr> <tr> <td>CAMARA AIRE</td> <td align="center">0.02</td> <td align="center">—</td> <td align="center">0.15</td> <td align="center">—</td> </tr> <tr> <td>LADRILLO</td> <td align="center">0.12</td> <td align="center">0.91</td> <td align="center">0.13</td> <td align="center">1800</td> </tr> <tr> <td>RSE</td> <td align="center">—</td> <td align="center">—</td> <td align="center">0.043</td> <td align="center">—</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>	7 Espesor	8 Coef. Conduct.	9 Resis. térmica	10 Densidad	11 Peso x m²	e metros	λ W/m°C	R e/ λ m²°C/W	γ kg/m³	e. γ kg/m²	Esp. de c/capa	Cuadro 1	RSE-RSI Cuadro 2	Cuadro 1		RSI	—	0.12	—	—	REVOQUE	0.015	1.16	0.013	1800	LADRILLO	0.12	0.91	0.13	1.800	CAMARA AIRE	0.02	—	0.15	—	LADRILLO	0.12	0.91	0.13	1800	RSE	—	—	0.043	—										
7 Espesor	8 Coef. Conduct.	9 Resis. térmica	10 Densidad	11 Peso x m²																																																				
e metros	λ W/m°C	R e/ λ m²°C/W	γ kg/m³	e. γ kg/m²																																																				
Esp. de c/capa	Cuadro 1	RSE-RSI Cuadro 2	Cuadro 1																																																					
RSI	—	0.12	—	—																																																				
REVOQUE	0.015	1.16	0.013	1800																																																				
LADRILLO	0.12	0.91	0.13	1.800																																																				
CAMARA AIRE	0.02	—	0.15	—																																																				
LADRILLO	0.12	0.91	0.13	1800																																																				
RSE	—	—	0.043	—																																																				

12. Resistencia total (R) del elemento ΣR 0.57 m²°C/W

13. Coeficiente de transmisión térmica del proyecto $K = 1/R$ 1.71 W/m²°C

14. Peso por m² (Columna 11.) $\Sigma e.$ 459 kg/m²

15. K máximo admisible por zona (fórmula correspondiente de la Norma IRAM 11 605) K_{adm} 1.97 W/m²°C

18. Comparación entre 13 y 15: $1.71 < 1.97$ CUMPLE YA QUE EL K_{adm} ES MAYOR QUE EL K DE PROYECTO.

**PLANILLA 2.. CALCULO COEFICIENTE DE TRANSMISION TERMICA "K" DE CERRAMIENTOS
NORMA IRAM 11 601**

1. ELEMENTO:					
2. FORMA CONSTRUCTIVA:					
3. ORIENTACION:					
4. SENTIDO DEL FLUJO DE CALOR:					
5. ZONA BIOAMBIENTAL:					
6.	7	8	9	10	11
Resistencias superficiales, capas de materiales, resistencia de la cámara de aire	Espesor	Coef. Conduct.	Resis. térmica	Densidad	Peso x m²
	e metros	λ W/m°C	$R = e/\lambda$ m²°C/W	δ kg/m³	e. δ kg/m²
Tablas correspondientes a la Norma IRAM 11 601	Esp. de c/capa	Cuadro 1	RSE-RSI Cuadro 2	Cuadro 1	
RSE	—	—	0.23	—	—
CIELOLAGO SUSP. YESO	0.02	0.65	0.03	1550	31
ATICO NO VENTILADO	—	—	0.23	—	—
ENTABLONADO	0.015	0.15	0.10	500	4.5
CARTON ALQUITRANADO	0.003	0.14	0.02	1100	3.3
POLIESTIRENO EXPANDIDO	0.025	0.041	0.61	15	0.4
CHAPA H°G°	—	—	—		
RSE	—	—	0.03		

12. Resistencia total (R) del elemento ΣR 1.25 m²°C/W

13. Coeficiente de transmisión térmica del proyecto $K = 1/R$ 0.8 W/m²°C

14. Peso por m² (Columna 11.) $\Sigma e.$ 42.2 kg/m²

15. K máximo admisible por zona (fórmula correspondiente de la Norma IRAM 11 605) K_{adm} 1.10 W/m²°C

16. Comparación entre 13 y 15: $0.8 < 1.10$ CUMPLE $K_{PROY} < K_{ADM.}$

[illegible]

ΣΡ

100	200
-----	-----

$$K = 1/R$$

312

Σε. X

11/11/2011

Kadm

110

17

TERMINOLOGIA

* Conductividad térmica (λ): Cantidad de calor que se transmite en régimen estacionario, en la unidad de tiempo, a través de la unidad de superficie y perpendicular a la misma, por un material de extensión infinita, caras plano-paralelas y espesor unitario, cuando la diferencia de temperatura entre sus caras es la unidad.

* Conductancia térmica (C): Cantidad de calor que se transmite en régimen estacionario, en la unidad de tiempo, a través de la unidad de superficie y perpendicular a la misma, por un material o elemento constructivo de cierto espesor (e), cuando la diferencia de temperatura entre sus caras es la unidad. Se verifica para el caso en que el material o elemento constructivo es homogéneo en todo su espesor (e), que $C = \lambda / e$.

* Resistencia térmica (R): Inversa de la conductancia térmica dada por la suma de las resistencias de las capas uniformes y homogéneas de conductividad (λ_{e1}) y espesor (e_1), que constituyen el elemento constructivo de conductancia térmica (C). Se verifica que: $R = 1/C = \sum e_1 / \lambda_1$.

* Coefficiente de transmisión superficial del calor (K_s): Cantidad de calor que se transmite en régimen estacionario por convección y radiación en la unidad de tiempo y a través de la unidad de superficie de un material o elemento constructivo en contacto con el aire, cuando la diferencia de temperatura entre éste y la superficie del material o elemento constructivo es la unidad.

* Resistencia térmica superficial (R_s): Inversa del coeficiente de transmisión superficial del calor, valor que depende del sentido del flujo de calor y de la situación exterior o interior de las superficies de cerramiento.

* Coefficiente de transmisión del calor (K): Cantidad de calor que se transmite en régimen estacionario en la unidad de tiempo, a través de la unidad de superficie y perpendicular a la misma, por un elemento constructivo de cierto espesor, cuando la diferencia de temperatura entre las

masas de aire que el mismo separa es la unidad.

* Resistencia térmica total (R_t): Inversa del coeficiente de transmisión del calor del elemento constructivo, suma de las resistencias térmicas superficiales y resistencia térmica del elemento constructivo. Se verifica que: $R_t = 1/K = R_{se} + R_{si} + R$.

* Coefficiente de absorción de la radiación solar (α): Relación entre la cantidad de calor absorbida (Q_a) por la superficie de un cuerpo y la cantidad de calor incidente por la radiación solar (Q) sobre dicha superficie. Se verifica que: $\alpha = Q_a/Q$.

* Permeabilidad (Difusividad del vapor de agua) (δ): Cantidad de vapor de agua que pasa a través de la unidad de superficie de un material o elemento constructivo, de caras plano-paralelas y espesor unitario, cuando la diferencia de presión de vapor entre sus caras es la unidad.

* Permeancia al vapor de agua (μ): Cantidad de vapor de agua que pasa a través de la unidad de superficie de un material o elemento constructivo de cierto espesor, cuando la diferencia de presión de vapor entre sus caras es la unidad. Se verifica para cuando el material o elemento constructivo es homogéneo en todo su espesor (e), que: $\mu = \delta / e$.

* Resistencia al vapor de agua (R_v): Inversa de la permeancia al vapor de agua, suma de las resistencias de las capas uniformes y homogéneas de permeabilidad (δ_1) y espesor (e_1), que constituyen el elemento constructivo de permeancia (μ), despreciándose las resistencias superficiales. Se verifica que: $R_v = 1/\mu = \sum e_1 / \delta_1$.

* Puente térmico: Zona localizada de un cerramiento con una resistencia térmica inferior al resto del mismo, aumentando la posibilidad de condensación de vapor de agua en dicha zona.

2. EL COEFICIENTE GLOBAL DE PERDIDAS TERMICAS "G"

Se define como la "...energía térmica que pierde un local calefaccionado por unidad de volumen, unidad de tiempo y unidad de diferencia de temperatura, en régimen estacionario, que deberá suplir el sistema de calefacción para mantener constante la temperatura interna del local. Se mide en Watt por metro cúbico y grado celsius." (1)

Este coeficiente se calcula con la siguiente fórmula:

$$G = \frac{\sum K_m \cdot S_m + \sum K_v \cdot S_v + \sum \gamma \cdot K_r \cdot S_r + K_p \cdot P \cdot \beta + \sum K_T \cdot S_T + 0,35 \cdot n}{V}$$

donde:

- G = Coeficiente volumétrico de pérdidas térmicas (W/m³°C).
K_m = Coeficiente de transmisión de calor de los cerramientos opacos verticales (muros) que lindan con el exterior (W/m²°C).
S_m = Area de los cerramientos opacos verticales (m²).
K_v = Coeficiente de transmisión del calor de los cerramientos vidriados en muros y techos.
S_v = Area de elementos vidriados.
γK_r = Coeficiente de transmisión del calor corregido de cada uno de los cerramientos opacos y no opacos que lindan con locales no calefaccionados. Siendo un factor de corrección que será igual a 0,5 para locales contiguos calefaccionados y 1,0 para otros casos.
S_r = Area de estos elementos de cerramiento.
K_p = Coeficiente de transmisión de solados.
P = Perímetro de los elementos en contacto con el suelo (m).
β = Ancho de la superficie efectiva de pérdida de calor de perímetro de los cerramientos anteriores. Operativamente adoptaremos β = 1 m.
0,35 = calor específico del aire en (W/h m³°C).
n = Número de renovaciones de aire promedio por hora. Operativamente podremos adoptar para nuestra región (poco ventosa) un valor de n = 1,5 para carpinterías medianamente estancas y n = 2 a 4 para carpintería poco estancas.
Definimos como estancas a carpinterías de madera de doble contacto o simple contacto con burletes, corredizas de aluminio, madera o plástico, de buena calidad con control de infiltración.
Son poco estancas las de abrir de madera, chapa doblada o perfilaría de acero de simple contacto y corredizas de chapa doblada u otros de baja calidad sin elementos de control de infiltración.
V = Volumen interior del edificio vivienda calefaccionado en m³.

Otra manera aproximada de obtener el "G" es mediante el gráfico de la Figura 1, que se compone de cuatro cuadrantes:

1 Norma IRAM 11 604/86 (de emergencia).

1. Superior izquierdo. Servirá para obtener las pérdidas por infiltración, mediante el volumen del edificio y el número de renovaciones de aire.
2. Superior derecho. Para calcular las pérdidas por conducción tanto de elementos opacos como vidriados, en función de la superficie de los mismos.
3. Inferior derecho. Accedemos a éste sumando los valores de pérdidas por infiltración, muros, techos y vidriados, y en función del volumen calefaccionado obtenemos el "G" de proyecto.
4. Inferior izquierdo. Nos permitirá obtener el "G" admisible en función del volumen calefaccionado y los grados día del sitio de emplazamiento del edificio.

Los grados día se definen como la " suma de las diferencias de temperaturas, entre 18°C y la media horaria diaria, para los días del año en que la media diaria sea menor que 18°C. (2).

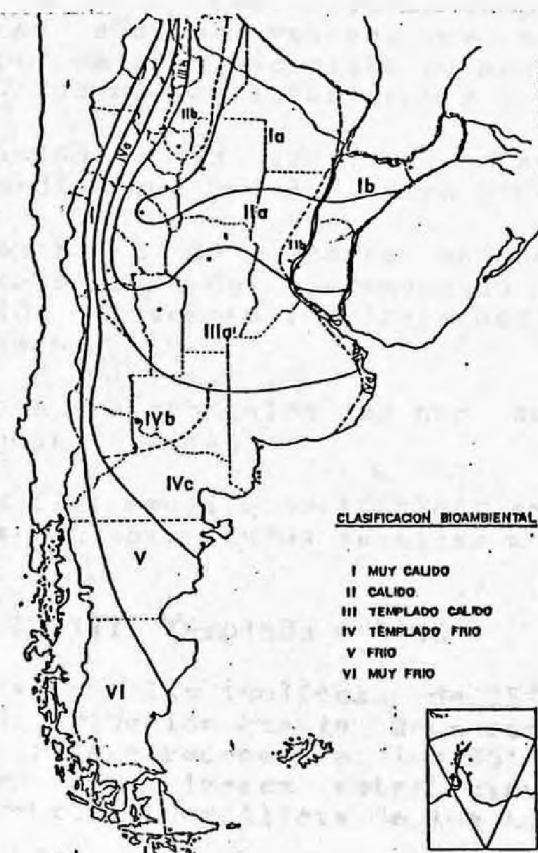


Figura 2. Clasificación bioambiental.

de temperaturas máxima superiores a 34°C y valores medios superiores a 26°C, con amplitudes térmicas siempre inferiores a los 15°C.

Este valor varía en función de las regiones del país graficadas en la Figura 2, que muestra las zonas bioambientales expuestas en la Norma IRAM 11 603.

3. ZONAS BIOAMBIENTALES

Las zonas bioambientales se definen de acuerdo con el mapa de la Figura 2. En caso de que una localidad se encuentre en una situación de borde deberán satisfacerse las condiciones más desfavorables. Las consideraciones microclimáticas prevalecerán sobre las generales de la zona bioambiental.

3.1. ZONA I: Muy Calida

Comprende la región donde los valores de TEC media, en el día típicamente cálido, son superiores a 26.3°C.

Se extiende en la región centro Este del extremo Norte del país con una entrada al Sud-oeste en las zonas bajas de Catamarca y La Rioja. Durante la época caliente todas las zonas presentan valores

² Norma IRAM 11 604/86 (de emergencia).

La tensión de vapor mínima es de 1870 Pa (14 mm Hg) y aumenta según el eje Sur Oeste-noroeste.

El período invernal es poco significativo con temperaturas medias durante el mes mas frío superiores a los 12°C.

Esta zona se subdivide en dos subzonas: a y b, en función de las amplitudes térmicas:

Subzona Ia: amplitudes térmicas mayores de 14°C

Subzona Ib: amplitudes térmicas menores de 14°C

3.2. ZONA II: Cálida

Limitada entre las isolíneas de TEC 26.3 y 24.5, comprende el conjunto de dos angostas fajas del territorio, una de extensión Este-oeste centrada alrededor del paralelo 30° y otro, de extensión Norte-sur recortada sobre la falda oriental de la Cordillera de los Andes. En esta zona, es el verano la estación crítica, con valores de temperatura media superiores a los 24°C y máxima superiores a 30°C. Las mayores amplitudes térmicas se dan en esta época del año, con valores que no superan los 16°C. Las presiones de vapor de agua más altas se dan también en el período de verano, con valores medios inferiores a los 2135 Pa (16 mm Hg).

El invierno es más seco, con bajas amplitudes térmicas y temperaturas medias que oscilan entre 8°C y 12°C.

Si bien habrá de tenerse en cuenta la aislación para evaluar posibles riesgos de condensación de humedad, muy probablemente la aislación de verano resultará más que suficiente para la situación de invierno.

Esta zona se subdivide en dos zonas: a y b, en función de las amplitudes térmicas:

Subzona IIa: amplitudes térmicas mayores de 14 K (14°C)

Subzona IIb: amplitudes térmicas menores de 14 K (14°C)

3.3. ZONA III: Templada Cálida

Limitada por las isolíneas de TEC 24.6 y 22.9, esta zona tiene igual distribución que la zona con la faja de extensión Este-Oeste, centrada alrededor de los 35° y la extensión Norte-sur, ubicada en las primeras estribaciones montañosas al Noroeste del país, sobre la Cordillera de los Andes.

Los veranos relativamente calurosos presentan temperaturas medias que oscilan entre 20°C y 26°C, con máximas que superan los 30°C, sólo en la faja de extensión Este-Oeste.

El invierno no es muy frío y presenta valores medios de temperatura entre 8°C y 12°C, y valores mínimos que rara vez alcanzan los 0°C.

Las tensiones de vapor son bajas durante todo el año, con valores máximos en verano que no superen, en promedio, los 1870 Pa (14 mm Hg).

En general, en esta zona se tienen inviernos relativamente benignos, con veranos no muy calurosos. Esta zona se subdivide en dos subzonas: a y b, en función de las amplitudes térmicas.

Subzona IIIa: amplitudes térmicas mayores de 14 K (14°C)

Subzona IIIb: amplitudes térmicas menores de 14 K (14°C)

3.4. ZONA IV: Templada Fría

Esta zona tiene como límite superior la isolínea de 1170 grados día (coincidente con la isolínea de 22.9°C de TEC), y como línea inferior la isolínea de 1950 grados día.

Presenta una faja meridional paralela a la correspondiente en la Zona III, ubicada en mayor altura de la Cordillera de los Andes y la región llana del centro y Sur del territorio, que alcanza la costa atlántica de la Provincia de Buenos Aires y Río Negro.

Los veranos no son rigurosos y presentan máximas promedio que rara vez superan los 30°C. Los inviernos son fríos, con valores medios entre 4°C y 8°C, y las mínimas medias alcanzan muchas veces valores inferiores a 0°C.

Las tensiones de vapor, bajas durante todo el año, alcanzan en verano sus máximos valores, no superando los valores medios los 1333 Pa (10 mm Hg).

Esta zona se subdivide en cuatro subzonas mediante las líneas de amplitud térmica 14°C y 18°C:

Subzona IVa: de montaña

Subzona IVb: de máxima irradiación

Subzona IVc: de transición

Subzona IVd: marítima

3.5. ZONA V: Fría

Limitada entre las isolíneas de 1950 y 2730 grados día, comprende una extensa faja de extensión Norte-Sur a lo largo de la Cordillera y la región central de la Patagonia.

Los inviernos son rigurosos, con temperaturas medias del orden de 4°C y mínimas inferiores a 0°C. Los veranos son frescos, con temperaturas medias inferiores a los 16°C. Las tensiones de vapor son muy bajas, con valores medios inferiores a los 1300 Pa (10 mm Hg).

3.6. ZONA VI: Muy Fría

Ubicado en la región donde los valores en grados día son superiores a 2730; en consecuencia, comprende toda la extensión de las

altas cumbres de la Cordillera de los Andes y el extremo Sur de la Patagonia, Tierra del Fuego, Islas Malvinas y Antártida.

En verano, las temperaturas medias son inferiores a los 12°C, y en invierno tales valores medios no superan los 4°C. Las tensiones de vapor son, durante todo el año, inferiores a los 1700 Pa (8 mm Hg).

La faja que se extiende al norte del paralelo 37, presenta la rigurosidad propia de la altura.

TABLAS DE DATOS METEOROLOGICOS

1. Direcciones del viento: La numeración corresponde a las orientaciones siguientes:

1. Norte; 2. Noreste; 3. Este; 4. Sudeste; 5. Sur; 6. Sudoeste; 7. Oeste; 8. Noroeste.

2. Invierno: los vientos consignados corresponden a las direcciones más críticas; cuando aparece más de una dirección, el primer valor corresponde a las máximas frecuencias y la velocidad media a esta dirección.

3. Verano: los vientos corresponden a las direcciones de mayor frecuencia.

4. Las TEC corresponden a los días típicamente cálidos.

DATOS METEOROLOGICOS DE VERANO.

Localidades	Temperatura (°C)						Humedad		Vientos	
	media	máxima media	mínima media	de diseño		efectiva correg		presión de vapor Pa (mm Hg)	direcciones pred.	veloc. media (Km/h)
				media	máxima	media	máxima			
Buenos Aires	24.1	30.1	18.9	27.6	33.6	23.0	26.0	1879 (14.1)	2-1-3	12.5
Azul	21.5	30.2	14.0	25.0	33.7	20.8	25.4	1519 (11.4)	8-1-2	17.0
Balcarce	20.7	29.5	13.7	24.2	33.0	20.3	25.4	1626 (12.2)	8-1-2	15.0
Dolores	21.9	29.3	14.5	25.4	32.8	21.0	25.3	1746 (13.1)	2-1	16.0
Fortín Mercedes	21.9	30.2	14.4	25.4	33.7	20.0	24.8	1306 (9.8)	7-3-1	19.0
Junín	23.6	31.0	16.9	27.1	34.5	22.9	26.5	1786 (13.4)	1-2	10.0
Las Flores	23.2	30.0	15.0	26.7	33.5	22.5	26.0	1719 (12.9)	1-8	5.0
Mar del Plata	19.6	25.5	14.7	23.1	29.0	19.1	23.2	1639 (12.3)	1-2-8	22.0
Nueve de Julio	23.6	31.1	15.4	27.1	34.6	22.3	26.2	1733 (13.0)	1-8-6	13.0
Patagones	21.6	29.1	14.7	25.1	32.6	19.0	23.8	1119 (8.4)	5-6-7	22.0
Pergamino	23.6	30.7	16.0	27.1	34.1	22.7	26.3	1813 (13.6)	1-3	10.0
San Miguel	23.3	30.4	16.5	26.8	33.9	22.6	26.3	1786 (13.4)	3-2-1	10.0
Trenque Lauquen	24.1	31.8	16.1	27.6	35.3	22.1	26.3	1706 (12.8)	1-2-6	14.0
Tres Arroyos	21.7	30.5	14.5	25.2	33.9	20.0	25.0	1306 (9.8)	1-5	15.0
Andalgala	25.3	33.3	18.1	28.8	36.8	23.7	27.2	1666 (12.5)	2	12.0
Catamarca	27.7	34.3	21.3	31.2	37.8	24.5	27.3	1773 (13.3)	2	20.0
Bell Ville	24.0	31.1	16.2	27.5	34.6	23.1	26.5	1959 (14.7)	2-1	14.0
Córdoba	24.0	31.4	17.2	27.5	34.9	23.0	26.7	1719 (12.9)	2	9.0
Pilar (Córdoba)	23.3	30.5	17.1	26.8	34.0	22.7	26.5	1773 (13.3)	2-1-6	9.0
Rio Cuarto	23.2	30.7	16.7	26.7	34.2	22.0	26.0	1719 (12.9)	1	19.0
Villa Dolores	24.8	33.2	18.3	28.3	36.7	23.5	27.2	1826 (13.7)	1-5	9.0
Villa Maria	24.5	32.0	17.6	28.0	35.5	23.6	27.3	1813 (13.6)	3-2-4	9.0
Corrientes	27.3	34.1	21.8	30.8	37.6	26.0	29.0	2386 (17.9)	3-2	9.0
Goya	27.0	33.8	20.9	30.6	37.3	25.8	28.5	2273 (17.2)	1-2	10.0
Mercedes (Corrient.)	26.3	32.2	20.0	29.8	35.7	24.7	27.5	2093 (15.7)	4-3	18.0
Paso de los Libres	26.6	32.7	20.4	30.1	36.2	25.3	28.0	2173 (16.3)	3-1	9.0
P. Roque Saenz Peña	26.9	33.4	20.6	30.4	36.9	25.7	28.6	2253 (16.9)	2	9.0
Concordia	23.7	33.4	19.0	29.2	36.9	24.5	27.9	1959 (14.7)	3-2	9.0
La Paz (Entre Ríos)	26.5	33.2	19.7	30.0	36.7	24.8	27.8	2066 (15.5)	2-3-1	10.0
Paraná	25.0	31.9	18.5	28.5	35.4	23.6	27.2	2093 (15.7)	1-3-4	14.0
Victoria	25.5	32.5	18.5	29.0	36.0	24.4	27.8	1986 (14.9)	2-4	8.0
Formosa	27.6	34.2	22.4	31.1	37.7	26.2	29.0	2533 (19.0)	1-5	13.0
San Francisco Laishi	27.4	34.6	20.0	30.9	38.1	26.5	29.5	2453 (18.4)	1-4	6.0
Tacagile	27.9	35.1	21.7	31.4	38.6	26.0	29.2	2413 (18.1)	1-5	14.0
Jujuy	21.0	27.1	15.4	24.5	30.6	22.0	25.0	1919 (14.4)	4-7	8.0
General Acha	23.5	32.2	14.2	27.0	35.7	21.5	26.0	1373 (10.3)	1-6-2	10.0
Macachin	23.5	32.0	14.3	27.0	35.5	21.6	26.1	1453 (10.9)	1-6	13.0

Localidades	Temperatura (°C)						Humedad		Vientos	
	media	máxima media	mínima media	de diseño		efectiva correg		presión de vapor Pa (mm Hg)	direcciones pred.	veloc. media (Km/h)
				media	máxima	media	máxima			
Santa Rosa	23.9	31.6	15.2	27.4	35.1	22.0	25.9	1359 (10.2)	1-2	15.0
Victorica	24.1	33.7	15.4	27.6	37.2	22.5	26.6	1319 (9.9)	5-1-2	13.0
Chepes	26.4	33.1	20.1	29.9	36.6	23.5	26.8	1853 (13.9)	2-3	23.0
La Rioja	28.0	35.9	20.9	31.5	39.4	25.5	28.8	1997 (15.0)	5	12.0
Mendoza	23.7	30.0	18.6	27.2	33.5	22.6	25.6	1533 (11.5)	5-4-2	11.0
Posadas	26.2	32.8	20.7	29.7	36.3	25.6	28.6	2413 (18.1)	2-5	13.0
Cipolletti	21.3	30.6	13.6	24.0	34.1	19.7	24.9	1199 (9.0)	7-6	18.0
Cnel. J.J.Gómez	22.0	30.4	12.4	25.5	33.9	20.5	24.9	1066 (8.0)	6-7	18.0
Choele Choel	23.9	32.5	14.6	27.4	36.0	21.2	25.7	1066 (8.0)	7	15.0
San Antonio Oeste	22.6	29.7	16.3	26.1	33.2	20.7	24.5	1159 (8.7)	4-3-7	12.0
Coronel Moldes	22.9	29.6	16.2	26.4	33.1	22.5	26.0	1893 (14.2)	1-2	9.0
Rivadavia	28.1	35.9	21.4	31.6	39.4	26.0	29.8	2266 (17.0)	1-5	14.0
Salta	21.1	28.2	15.2	24.6	31.7	22.3	25.5	1893 (14.2)	2-1	10.0
San Juan	26.3	34.3	19.0	29.8	37.8	23.3	26.3	1586 (11.9)	5	14.0
San Luis	24.2	31.7	17.2	27.7	35.2	25.9	21.8	1533 (11.3)	1-3	18.0
Angel Gallardo	24.6	31.6	18.3	28.1	35.1	23.8	27.3	2026 (15.2)	2	10.0
Casilda	23.6	31.2	16.5	27.1	34.7	23.0	26.8	1919 (14.4)	1-3	8.0
Ceres	25.9	33.9	19.4	29.4	37.4	24.1	28.0	2013 (15.1)	3-2-1	10.0
Esperanza	25.2	33.0	19.2	28.7	36.5	24.0	27.8	2093 (15.7)	2-3-1	9.0
Rosario	24.1	31.3	17.6	27.6	34.8	23.2	26.8	1919 (14.4)	2-3-1	10.0
Vera	26.4	33.6	19.3	29.9	37.7	25.0	28.1	2173 (16.3)	2-4	9.0
Campo Gallo	27.7	35.5	20.7	31.2	39.0	25.9	28.9	2159 (16.2)	2	10.0
Santiago del Estero	27.1	34.8	20.3	30.6	38.3	25.2	28.4	2093 (15.7)	2-4	17.0
La Cocha	25.5	32.2	19.2	29.0	35.7	25.0	28.0	2173 (16.3)	4-2	8.0
Tucumán	24.5	31.3	19.3	28.2	34.8	24.2	26.4	2173 (16.3)	6	9.0

DATOS METEOROLOGICOS DE INVIERNO.

Localidades	Temperatura (°C)					Humedad Presión de vapor Pa (mm Hg)	Vientos		Grados día
	media	máxima media	mínima media	de diseño			direc- ciones pred.	veloc. media (Km/h)	
				media	mínima				
Buenos Aires	10.7	15.5	6.9	6.2	2.4	1053 (7.9)	5-6	11	1035
Azul	6.8	12.9	2.6	2.3	-1.9	866 (6.5)	6	17	1701
Balcarce	7.5	12.2	3.3	3.0	-1.2	893 (6.7)	6-8	16	1617
Dolores	8.4	14.0	3.8	3.9	-0.7	973 (7.3)	6-7	18	1200
Fortín Mercedes	6.8	12.7	1.7	2.3	-2.8	733 (5.5)	6-7	18	1350
Junín	9.2	15.7	4.7	4.7	0.2	1013 (7.6)	5-6	13	1050
Las Flores	9.6	13.7	4.5	5.1	0.0	973 (7.3)	4-6	7	1156
Mar del Plata	7.6	11.9	4.1	3.1	-0.4	933 (7.0)	6-7-1	17	1440
Nueve de Julio	8.8	14.2	4.4	4.3	-0.1	946 (7.1)	6	15	1140
Patagones	7.0	12.7	2.5	2.5	-2.0	719 (5.4)	7	22	1485
Pergamino	9.3	15.9	4.2	4.8	-0.3	973 (7.3)	5-6	18	1050
Trenque Lauquen	7.4	14.0	2.3	2.9	-2.2	866 (6.5)	6	21	1170
Tres Arroyos	7.4	12.6	2.8	2.9	-1.7	839 (6.3)	7-6	12	1638
Andalgá	9.2	17.9	2.2	4.7	-2.3	666 (5.0)	5	5	768
Catamarca	10.8	19.4	3.6	6.3	-0.9	799 (6.0)	5	10	390
Bell Ville	9.6	16.2	3.7	5.1	-0.8	933 (7.0)	5-6	22	990
Córdoba	10.5	18.9	4.1	6.0	-0.4	813 (6.1)	5	12	720
Pilar (Córdoba)	9.7	17.8	3.8	5.2	-0.7	826 (5.2)	5	17	804
Río Cuarto	8.7	16.6	3.9	4.2	-0.6	786 (5.9)	6	28	1095
Villa Dolores	10.4	18.1	4.6	5.9	0.1	786 (5.9)	5-7	9	744
Villa María	11.4	19.5	3.8	6.9	-0.7	853 (6.4)	4-5	8	549
Mercedes (Corrientes)	13.2	19.4	8.4	8.7	3.9	1239 (9.3)	4-5	14	129
Paso de los Libres	13.6	18.8	9.2	9.1	4.7	1279 (9.6)	5	12	132
Comodoro Rivadavia	6.6	10.7	3.1	2.1	-1.4	533 (4.0)	7-6	39	2184
Esquel	1.5	6.1	-3.1	-3.0	-7.6	559 (4.2)	8-7	31	3060
Sarmiento	3.7	8.0	0.0	-0.8	-4.5	559 (4.2)	7	27	2268
Trelew	6.1	12.0	1.5	1.6	-3.0	613 (4.6)	7	22	1638
Concordia	11.9	18.5	7.2	7.4	2.7	1186 (8.9)	5	13	459
La Paz (Entre Ríos)	12.8	18.6	8.1	8.3	3.6	1159 (8.7)	4-5	11	141
Paraná	11.4	17.2	6.9	6.9	2.4	1106 (8.3)	5-6	14	513
Victoria	11.9	17.5	7.0	7.4	2.5	1093 (8.2)	4-5	9	504
La Quiaca	3.8	15.4	-7.4	-0.7	-11.9	293 (2.2)	7-8	18	3096

Localidades	Temperatura (°C)					Humedad Presión de vapor Pa (mm Hg)	Vientos		Grados día
	media	máxima media	mínima media	de diseño			direc- ciones pred.	veloc. media (Km/h)	
				media	mínima				
Jujuy	10.5	18.2	3.4	6.0	-1.1	893 (6.7)	4-7	9	540
General Acha	7.3	14.2	1.1	2.8	-3.4	733 (5.5)	6-7	17	1320
Macachín	7.1	14.4	0.9	2.6	-3.6	799 (6.0)	6-5	13	1320
Santa Rosa	7.0	14.3	1.7	2.5	-2.8	733 (5.5)	5	14	1290
Victorica	7.4	15.0	1.5	2.9	-3.0	706 (5.3)	5-6-7	10	1245
Chepes	10.1	17.5	4.2	5.6	-0.3	759 (5.7)	7	13	630
La Rioja	10.3	19.2	3.0	5.8	-1.5	773 (5.8)	5	10	390
Cristo Redentor	-7.3	-3.5	-11.1	-11.8	-15.6	199 (1.5)	6	34	7120
Mendoza	7.7	14.5	3.4	3.2	-1.1	626 (4.7)	7-6	8	1245
Chos Malal	6.3	12.6	0.9	1.8	-3.6	546 (4.1)	8	26	1827
Las Lajas	5.2	12.3	-0.8	0.7	-5.3	613 (4.6)	6	7	2121
Cipolletti	5.8	13.4	0.3	1.3	-4.2	613 (4.6)	7	15	1674
Cnel. J.J.Gómez	5.9	12.6	-1.2	1.4	-5.7	626 (4.7)	7	16	1680
Choele Choel	7.6	13.8	1.1	3.1	-3.4	639 (4.8)	7	13	1275
San Antonio Oeste	7.9	13.2	3.3	3.4	-1.2	693 (5.2)	7-8	12	1260
Bariloche	2.3	6.5	-1.1	-2.2	-5.6	613 (4.6)	7	10	3240
Coronel Moldes	11.2	20.9	0.8	6.7	-3.7	813 (6.1)			378
Salta	9.8	20.4	1.5	5.3	-3.0	839 (6.3)			720
San Juan	7.7	16.7	1.4	3.2	-3.1	639 (4.8)	5	13	996
San Luis	9.1	16.7	2.7	4.6	-1.8	693 (5.2)	4	14	924
Puerto Santa Cruz	1.9	5.7	-1.8	-2.6	-6.3	559 (4.2)	7-6	24	3120
Río Gallegos	1.1	4.5	-2.7	-3.4	-7.2	546 (4.1)	7	28	4032
Angel Gallardo	11.7	17.9	6.6	7.2	2.1	1093 (8.2)	6	11	504
Casilda	10.1	16.3	4.8	5.6	0.3	1013 (7.6)	5	10	760
Ceres	12.0	19.4	5.7	7.5	1.2	1026 (7.7)	5	12	459
Esperanza	11.9	18.8	6.4	7.4	1.9	1119 (8.4)	5-6	11	504
Rosario	10.0	16.7	4.9	5.5	0.4	1013 (7.6)	5-6	13	930
Vera	13.7	20.9	7.7	9.2	3.2	1226 (9.2)	4-5	8	144
Santiago del Estero	12.5	21.4	5.0	8.0	0.5	946 (7.1)	5	21	288
La Cocha	12.3	20.2	4.7	7.8	0.3	973 (7.3)	6	4	342
Tucumán	12.0	19.7	5.6	7.5	1.1	906 (6.8)	5-6	8	348
Ushuaia	-1.6	4.7	-1.4	-2.9	-5.9	533 (4.0)	6	24	4500

Una manera aproximada de obtener los grados día para localidades que no figuren en el cuadro es con la siguiente expresión para los datos medios anuales:

$$\begin{aligned}
 GD\ 18 = & 3944,55 + \text{Latitud} \times (-13,2227) + \\
 & + \text{Altura sobre Nivel Mar} \times (0,0099) + \\
 & + \text{Temp. media} \times (-223,41) + \\
 & + \text{Temp. máxima} \times (27,6563) + \\
 & + \text{Temp. mínima} \times (15,5603) + \\
 & + \text{Humedad Relativa} (0,5089) =
 \end{aligned}$$

4. CARGA TÉRMICA ANUAL DEL EDIFICIO

La carga térmica anual la obtendremos de la siguiente expresión:

$$Q = \frac{N \cdot GD18 \cdot G \cdot V}{1000}$$

donde:

Q = Carga térmica anual en calefacción en (KWh/año).

N = Tiempo de calefacción diaria en horas que variará en función de la ocupación de la vivienda.

	Valor de N		
	Edif Pesado	Edif Normal	Edif Liviano
Calefacción continua	24	24	24
10 hs diarias	22	19	15
4 hs diarias	18	19	10

GD18 = Grados día anuales (°C).

G = Coeficiente global de pérdidas térmicas (W/m²°C).

V = Volumen calefaccionando del edificio (m³).

Con esto obtendremos las pérdidas térmicas anuales de energía en calefacción. Si quisieramos conocer el costo demandado en energía apelariamos a la siguiente fórmula:

$$CECA = \frac{Q \cdot C_c}{P_c \cdot \rho}$$

donde:

CECA = Costo energía en calefacción anual (u\$s/año).

Q = Carga térmica anual (KWh/año).

C_c = Costo combustible: (6/91) Gas envasado = 0,67 u\$s/Kg.
Gas natural = 0,12 u\$s/m³

P_c = Poder calórico de combustibles:

Gas env. = 13,9 KW/Kg (12.000 cal/Kg).

Gas nat. = 10,7 KW/m³ (9.000 cal/m³).

ρ = Rendimiento de equipos calefactores:

Tiro balanceado = 0,3 a 0,4

Tiro natural = 0,4 a 0,5

Radiantes = 0,9

Sentido de la emigración

— Valores numéricos para los cálculos relativos al aire húmedo, válidos para una presión barométrica de 760 mm de mercurio

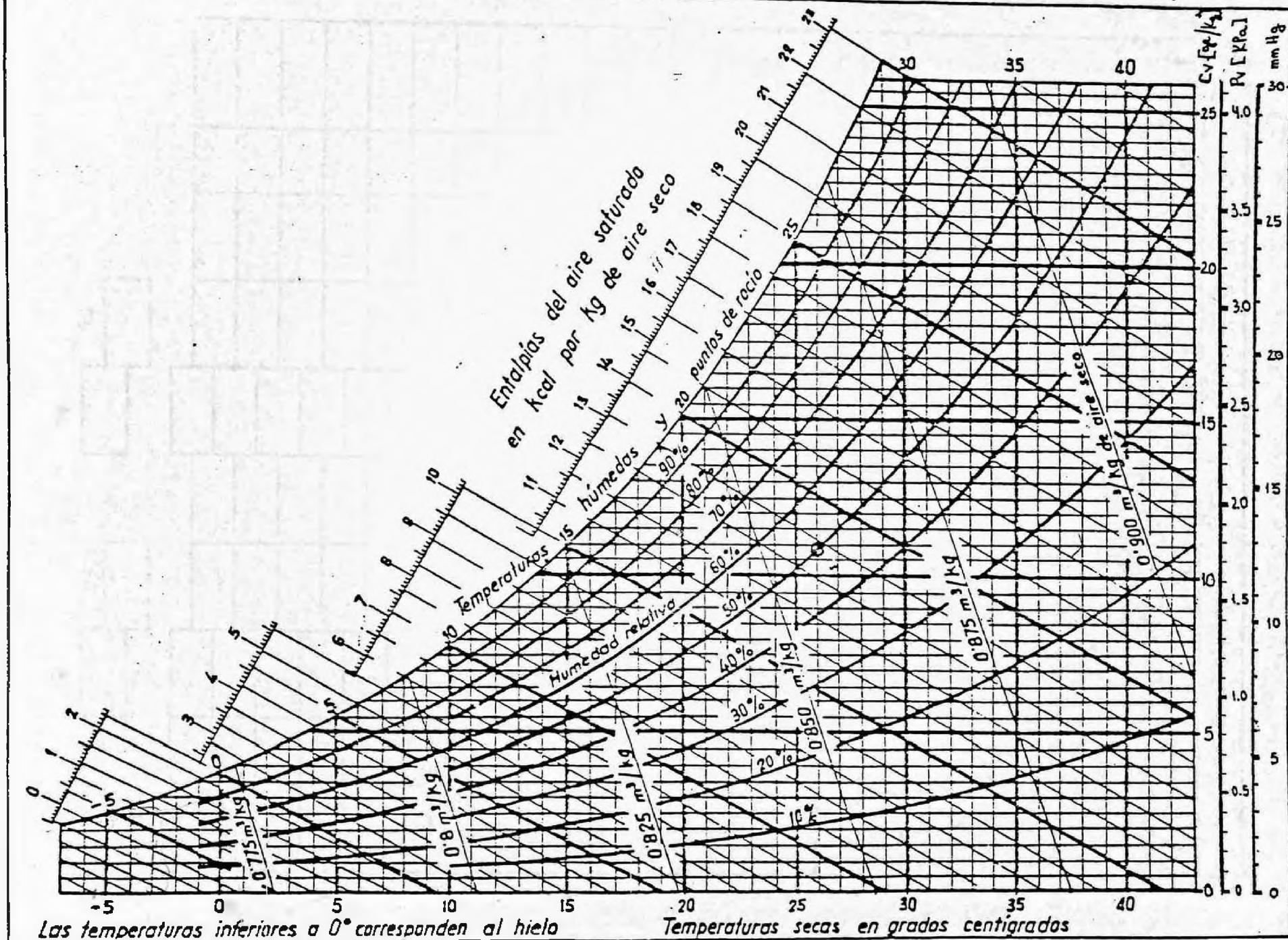
t	γ	γ_s	f	x_s	l_s	t	γ	γ_s	f	x_s	l_s
°C	kg/m ³	kg/m ³	mm. merc.	g/kg	kcal/kg	°C	kg/m ³	kg/m ³	mm. merc.	g/kg	kcal/kg
— 20	1,396	1,395	0,77	0,63	— 4,43	25	1,185	1,171	23,76	20,0	18,1
— 19	1,394	1,393	0,85	0,70	— 4,15	26	1,181	1,168	25,21	21,4	19,2
— 18	1,385	1,384	0,94	0,77	— 3,87	27	1,177	1,161	26,74	22,6	20,2
— 17	1,379	1,378	1,03	0,85	— 3,58	28	1,173	1,156	28,35	24,0	21,3
— 16	1,374	1,373	1,13	0,93	— 3,29	29	1,169	1,151	30,04	25,6	22,5
— 15	1,368	1,367	1,24	1,01	— 3,01	30	1,165	1,146	31,82	27,2	23,8
— 14	1,363	1,362	1,36	1,11	— 2,71	31	1,161	1,141	33,70	28,8	25,0
— 13	1,358	1,357	1,49	1,22	— 2,40	32	1,157	1,138	35,68	30,6	26,3
— 12	1,353	1,352	1,63	1,34	— 2,09	33	1,154	1,131	37,73	32,5	27,7
— 11	1,348	1,347	1,78	1,46	— 1,78	34	1,150	1,128	39,90	34,4	29,2
— 10	1,342	1,341	1,95	1,60	— 1,45	35	1,146	1,121	42,18	36,6	30,8
— 9	1,337	1,336	2,13	1,75	— 1,13	36	1,142	1,116	44,58	38,8	32,4
— 8	1,332	1,331	2,32	1,91	— 0,79	37	1,139	1,111	47,07	41,1	34,0
— 7	1,327	1,325	2,53	2,08	— 0,45	38	1,135	1,107	49,69	43,5	35,7
— 6	1,322	1,320	2,76	2,27	— 0,10	39	1,132	1,102	52,44	46,0	37,6
— 5	1,317	1,315	3,01	2,47	+ 0,26	40	1,128	1,097	55,32	48,8	39,6
— 4	1,312	1,310	3,28	2,69	0,64	41	1,124	1,091	58,34	51,7	41,6
— 3	1,308	1,306	3,57	2,94	1,03	42	1,121	1,086	61,50	54,8	43,7
— 2	1,303	1,301	3,88	3,19	1,41	43	1,117	1,081	64,80	58,0	45,9
— 1	1,298	1,295	4,22	3,47	1,82	44	1,114	1,076	68,28	61,3	48,3
0	1,293	1,290	4,58	3,78	2,25	45	1,110	1,070	71,88	65,0	50,8
1	1,288	1,285	4,93	4,07	2,68	46	1,107	1,065	75,65	68,9	53,4
2	1,284	1,281	5,29	4,37	3,08	47	1,103	1,059	79,60	72,8	56,2
3	1,279	1,275	5,69	4,70	3,52	48	1,100	1,054	83,71	77,0	59,0
4	1,275	1,271	6,10	5,03	3,98	49	1,096	1,048	88,02	81,5	62,1
5	1,270	1,266	6,54	5,40	4,42	50	1,093	1,043	92,51	86,2	65,3
6	1,265	1,261	7,01	5,79	4,90	51	1,090	1,037	97,20	91,3	68,6
7	1,261	1,256	7,51	6,21	5,40	52	1,086	1,031	102,1	96,6	72,3
8	1,256	1,251	8,05	6,65	5,90	53	1,083	1,025	107,2	102	75,9
9	1,252	1,247	8,61	7,13	6,33	54	1,080	1,019	112,5	108	80,0
10	1,248	1,242	9,21	7,63	6,97	55	1,076	1,013	118,0	114	84,1
11	1,243	1,237	9,84	8,15	7,53	56	1,073	1,007	123,8	121	88,6
12	1,239	1,232	10,52	8,75	8,14	57	1,070	1,001	129,8	128	93,2
13	1,235	1,228	11,23	9,35	8,74	58	1,067	0,995	136,1	136	98,5
14	1,230	1,223	11,99	9,97	9,38	59	1,063	0,987	142,6	144	104
15	1,226	1,218	12,79	10,6	9,98	60	1,060	0,981	149,4	152	109
16	1,222	1,214	13,63	11,4	10,7	61	1,057	0,974	156,4	161	115
17	1,217	1,208	14,53	12,1	11,4	62	1,054	0,968	163,8	171	121
18	1,213	1,204	15,48	12,9	12,1	63	1,051	0,961	171,4	181	128
19	1,209	1,200	16,48	13,8	12,9	64	1,048	0,954	179,3	192	135
20	1,205	1,195	17,53	14,7	13,7	65	1,044	0,948	187,5	204	143
21	1,201	1,190	18,65	15,6	14,6	66	1,041	0,939	196,1	216	151
22	1,197	1,185	19,83	16,6	15,3	67	1,038	0,932	205,0	230	160
23	1,193	1,181	21,07	17,7	16,2	68	1,035	0,924	214,2	244	169
24	1,189	1,176	22,38	18,8	17,2	69	1,032	0,917	223,7	259	179
						70	1,029	0,909	233,7	276	190
						71	1,026	0,901	243,9	294	202
						72	1,023	0,893	254,6	314	214
						73	1,020	0,885	265,7	335	227
						74	1,017	0,877	277,2	357	242

1. t, °C: temperatura del aire. - 2. γ , kg/m³: Peso específico del aire seco. - 3. γ_s , kg/m³: Peso específico del aire saturado de humedad. - 4. f, mm de mercurio: Ten-

— Tabla psicrométrica

Lectura del termó- metro seco	Diferencia entre las lecturas de dos termómetros														
	0	½	1	1½	2	2½	3	3½	4	4½	5	5½	6	6½	7
10	100 9.35	94 8.79	87 8.13	80 7.48	74 6.92	68 6.36	62 5.80	56 5.24	50 4.67	45 4.21	39 3.65	33 3.09	28 2.62	22 2.06	16 1.50
11	100 9.95	94 9.35	87 8.66	81 8.06	75 7.46	69 6.86	63 6.27	58 5.77	52 5.17	46 4.58	41 4.08	36 3.58	30 2.98	25 2.49	19 1.89
12	100 10.60	95 10.07	89 9.43	83 8.80	76 8.06	71 7.53	65 6.89	59 6.25	54 5.72	48 5.09	43 4.56	38 4.03	33 3.50	28 2.97	22 2.33
13	100 11.30	95 10.70	89 10.06	83 9.38	77 8.70	72 8.14	66 7.46	61 6.89	55 6.21	50 5.65	45 5.08	40 4.52	35 3.95	30 3.39	25 2.82
14	100 12.00	95 11.40	89 10.68	84 10.08	78 9.36	73 8.76	67 8.04	62 7.44	57 6.84	52 6.24	47 5.67	42 5.04	37 4.44	32 3.84	28 3.36
16	100 12.75	95 12.11	89 11.35	84 10.71	78 9.94	73 9.31	68 8.67	63 8.03	58 7.39	53 6.76	49 6.25	44 5.61	39 4.97	34 4.33	30 3.82
16	100 13.55	95 12.87	89 12.06	84 11.38	79 10.70	74 10.03	69 9.35	64 8.67	59 7.99	55 7.45	50 6.77	46 6.10	41 5.55	36 4.88	32 4.34
17	100 14.35	95 13.63	90 12.91	85 12.20	80 11.48	75 10.76	70 10.04	65 9.33	61 8.75	56 8.04	52 7.46	47 6.74	43 6.17	38 5.45	34 4.88
18	100 15.25	95 14.49	90 13.72	85 12.96	80 12.25	75 11.44	71 10.83	66 10.06	62 9.45	57 8.69	53 8.08	49 7.47	44 6.71	40 6.10	36 5.49
19	100 16.15	95 15.34	90 14.53	86 13.89	81 13.08	76 12.27	72 11.63	67 10.82	63 10.17	58 9.37	54 8.72	50 8.07	46 7.43	42 6.78	38 6.14
20	100 17.15	95 16.29	91 15.61	86 14.75	81 13.89	77 13.20	72 12.36	68 11.66	64 10.98	59 10.12	55 9.43	52 8.92	47 8.06	43 7.37	40 6.86
21	100 18.20	95 17.29	91 16.56	87 15.83	82 14.92	78 14.20	74 13.47	69 12.66	65 11.83	61 11.10	57 10.37	53 9.65	49 8.92	45 8.19	41 7.46
22	100 19.25	96 18.48	91 17.52	87 16.75	82 15.78	78 15.01	74 14.24	70 13.47	66 12.70	62 11.93	58 11.16	54 10.39	50 9.62	47 9.05	43 8.28
23	100 20.40	96 19.58	91 18.36	88 17.95	83 16.93	78 15.91	74 15.10	70 14.28	66 13.46	63 12.85	59 12.04	56 11.42	52 10.61	48 9.79	44 8.98
24	100 21.60	96 20.74	91 19.66	88 19.01	83 17.93	79 17.06	75 16.20	72 15.55	67 14.47	63 13.61	60 12.96	57 12.31	53 11.45	50 10.80	46 9.94
25	100 22.85	96 21.94	92 21.02	88 20.11	84 19.19	80 18.28	76 17.37	72 16.45	68 15.54	64 14.62	61 13.94	58 13.25	54 12.34	51 11.65	47 10.74
26	100 24.15	96 23.18	92 22.22	88 21.25	84 20.29	80 19.32	76 18.35	73 17.63	69 16.66	66 15.94	62 14.97	59 14.25	55 13.28	52 12.56	48 11.59
27	100 25.50	96 24.48	92 23.46	88 22.44	84 21.42	80 20.40	77 19.63	73 18.61	69 17.59	66 16.83	63 16.06	60 15.30	56 14.28	52 13.26	49 12.49
28	100 27.00	96 25.92	93 25.11	89 24.03	85 22.95	81 21.87	78 21.06	74 19.98	70 18.90	67 18.09	63 17.01	60 16.20	57 15.39	53 14.31	51 13.77
29	100 28.50	96 27.36	93 26.50	89 25.36	86 24.51	81 23.08	78 22.23	74 21.09	71 20.23	67 19.09	64 18.24	61 17.38	58 16.53	55 15.67	52 14.82
30	100 30.10	96 28.90	93 27.99	89 26.79	86 25.89	82 24.68	78 23.48	75 22.57	72 21.37	68 20.47	65 19.56	62 18.66	59 17.76	55 16.55	53 15.95
31	100 31.75	97 30.80	94 29.84	90 28.57	86 27.30	82 26.03	79 25.08	75 23.81	72 22.86	69 21.91	65 20.64	62 19.68	59 18.73	56 17.78	53 16.83
32	100 33.50	97 32.49	94 31.49	90 30.15	87 29.14	83 27.80	79 26.46	76 25.46	72 24.12	69 23.11	66 22.11	63 21.10	60 20.10	57 19.09	54 18.09
33	100 35.30	97 34.24	94 33.18	90 31.77	88 31.06	84 29.65	80 28.24	76 26.83	73 25.77	70 24.71	67 23.65	64 22.59	61 21.53	58 20.47	55 19.41

Las cifras superiores indican el grado higrométrico a la temperatura ligada al termómetro seco. Ejemplo: lectura en el termómetro seco: 15°; en el termómetro húmedo: 12°; diferencia: 3°; estado higrométrico: 68 %



—Diagrama psicrométrico de la A.S.R.E., 1947.

CALCULO DEL RIESGO DE CONDENSACION NORMA IRAM 11 625/80

1. ELEMENTO:

2. FORMA CONSTRUCTIVA:

3. ORIENTACION:

4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Plano	Esp. (n)	conduct m°C/W	R= 5/6 m²°C/W	Temp.de capa °C	Permea- bilidad	Rv=5/9	Presión vapor	H.R. %	Temp.de rocío

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	840	841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	886	887	888	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900	901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914	915	916	917	918	919	920	921	922	923	924	925	926	927	928	929	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	940	941	942	943	944	945	946	947	948	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	960	961	962	963	964	965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	980	981	982	983	984	985	986	987	988	989	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999	1000
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

Bt

五

Rv

Conclusiones:

PLANILLA 3. CALCULO DEL RIESGO DE CONDENSACION

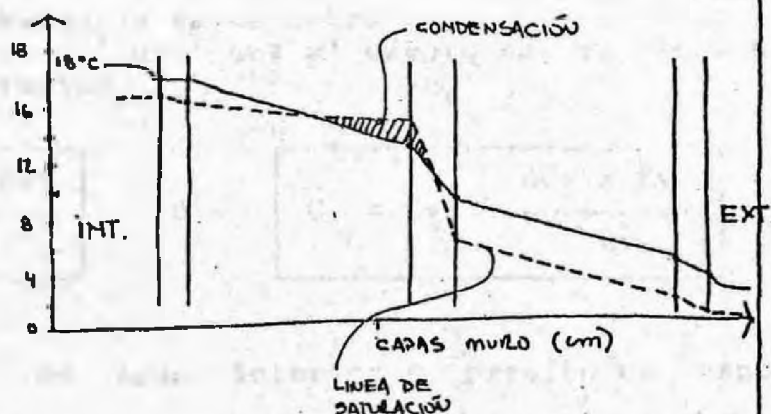
NORMA IRAM 11 625/80

1. ELEMENTO:

$$T_x = T_i - \frac{\Delta t \cdot R_i}{R_t}$$

$$P_v = P_{vi} - \frac{\Delta P_v \cdot R_{vi}}{R_v}$$

$$C_v = C_{vi} - \frac{\Delta C_v \cdot R_{vi}}{R_v}$$



2. FORMA CONSTRUCTIVA: TRADICIONAL

3. ORIENTACION:

4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Plano	Esp. (m)	conduct m°C/W	R= 5/6 m²°C/W	Temp.de capa °C	Permeabilidad	Rv=5/9	Presión vapor	H.R. %	Temp.de rocío

RSI	—	—	0.12	20	75	0.013	1.76	75.	
PINTURA LATEX	—	—	—	16.4	—	0.06	1.75	93	15.4
REVOQUE	0.015	1.16	0.01	16.4	0.044	0.34	1.70	92	15.3
LADRILLO	0.12	0.91	0.13	16.4	0.09	1.33	1.49	89	14.9
BARREKA VAPOR	—	—	—	12.1	—	0.925	1.35	100%	13.1
CANARA DE AIRE	0.02	—	0.15	12.1	75	3.33	0.84	100%	13.8
LADRILLO	0.12	0.91	0.13	7.6	0.09	1.33	0.64	80	4.6
RSE	—	—	0.04	3.7	150	0.007	0.64	81	0.9
				2.4.				90.	0.9

0.59

Rt

17

At

7.34

Rv

1.12

Ap

Conolusiones:

m³hKpa/g tiene una resistencia al paso de vapor muy baja, $R_v = 1 / 75 = 0.013$ m³hKpa/g.

Para la obtención de la presión de vapor entre capas en la columna 11 ó el contenido de vapor de agua que al efecto es lo mismo se utilizará la siguiente expresión:

$$P_v = P_{vi} - \frac{AP_v \times R_{vi}}{R_v}$$

ó

$$C_v = C_{vi} - \frac{AC_v \times R_{vi}}{R_v}$$

donde:

- P_{vi} = Contenido de vapor de agua interior o presión de vapor interior.
- AP_v = Diferencia de presión o contenido de vapor entre exterior e interior.
- C_{vi} = Contenido de vapor de agua interior o presión de vapor interior.
- AC_v = Diferencia de presión o contenido de vapor entre exterior e interior.
- R_{vi} = Sumatoria de resistencias desde el interior hasta la junta entre capas que se esté tratando.
- R_v = Resistencia total del elemento al paso de vapor de agua.

La humedad relativa entre capas de la columna 12 se obtendrán del diagrama psicrométrico lo mismo que la temperatura de rocío de la columna 13 a partir de las temperaturas y presiones de vapor calculadas.

Cuando la columna 12 nos indique un valor mayor o igual al 100% de humedad relativa deberemos mejorar la aislación del elemento e incorporar una barrera de vapor según sea el caso, volviendo a realizar la verificación.

Posteriormente se graficarán en el muro las curvas de caída de temperatura seca y de rocío como en la dibujada en la ficha.

5.7. Bibliografía

- Rougeron C. "Aislamiento Acústico y Térmico en la Construcción". Edit. Técnicos Asociados. Barcelona, 1977.
- Croiset Maurice. "Humedad y Temperatura en los Edificios". Edit. Técnicos Asociados. Barcelona, 1970.
- Norma IRAM 11.625 "Verificación del Riesgo de Condensación en Edificios."
- Lotersztain I. "Condensación de Humedad en Viviendas.". Publicación del INTI. Buenos Aires 1970.

vista. Los datos higrotérmicos de las pinturas y/o revestimientos los obtendremos del Cuadro 6).

Luego se ubicará en los extremos superior e inferior de las columnas 8, 11 y 12 los valores de Temperatura exterior e interior para la primera columna; Presión de vapor o humedad absoluta correspondiente a cada temperatura y humedad obtenido del diagrama psicrométrico en la columna 11 y Humedad relativa interior y exterior en la 12. (Ver Figura 6)

Según esto tendremos para el interior del local:

- para $T_i = 20^\circ\text{C}$ y $HR = 75\%$
 $P_v = 1,76 \text{ KPa}$ ó $C_v = 11 \text{ g/Kg}$

y para el exterior:

- para $T_e = 2,4^\circ\text{C}$ y $HR = 90\%$
 $P_v = 0,64 \text{ KPa}$ ó $C_v = 4,1 \text{ g/Kg}$

Las temperaturas entre capas (T_x) correspondientes a la columna 8 se irán calculando según la siguiente expresión:

$$T_x = T_i - \frac{A_t \times R_i}{R_t}$$

donde:

T_i = Temperatura interior de diseño.

A_t = Diferencia de temperatura entre el exterior y el interior.

R_i = Sumatoria de resistencias desde el interior hasta la junta entre capas que se esté tratando.

R_t = Resistencia total del elemento.

Podemos ver que las temperaturas entre capas están desfazadas de los datos de cada capa por ser la temperatura que existe entre capa y capa.

En la columna 9 se colocarán las permeabilidades correspondientes a cada material que constituye la capa obtenido del Cuadro 6.

La columna 10 es la resistencia al paso de vapor de la capa $R_v = e/\delta$ donde e = espesor de la capa y δ = permeabilidad. En el caso de considerarse un elemento capa de muy poco espesor (película) como barreras de vapor o pinturas se utilizará la permeancia obtenida de la misma tabla. En este caso la resistencia $R_v = 1/\text{permeancia}$ ya que incluye el espesor en su valor. Por ejemplo para un foil de polietileno de 100 micrones la permeancia es 0.016 y la $R_v = 1 / 0.016 = 62.5 \text{ m}^2 \text{ h KPa} / \text{g}$, esto implica una gran capacidad de impedir el paso del vapor a las capas frías. Caso contrario son las cámaras de aire que con una permeancia de 75

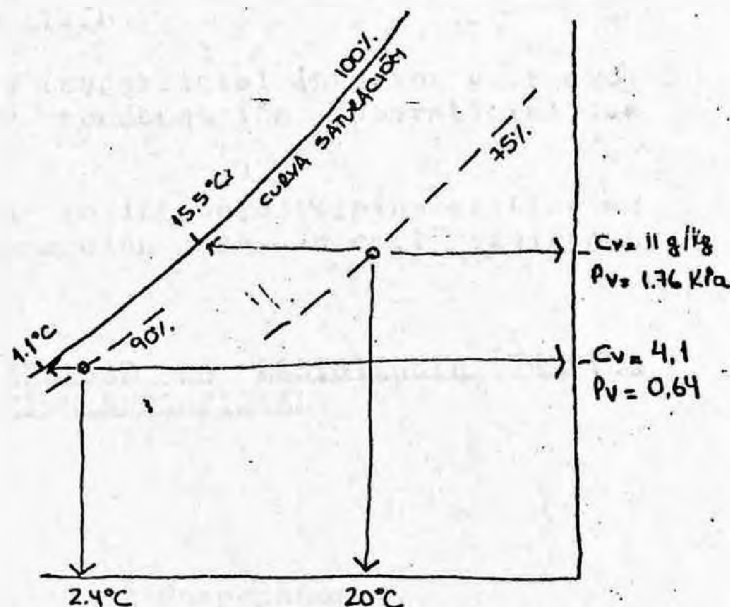


Figura 6.
 Forma de obtener en un diagrama psicrométrico la humedad absoluta o la presión de vapor, en función de la temperatura de bulbo seco y la humedad relativa

vivienda, correspondiente a 20°C de temperatura y 75% de humedad relativa que es de 15,5°C.

La temperatura superficial interna deberá ser mayor a la temperatura de punto de rocío para que no exista riesgo de condensación. Como en nuestro caso la temperatura superficial interior (Ai) es igual a 16,4°C y esta temperatura es mayor a la de rocío no existe riesgo de condensación superficial para un muro doble con cámara de aire en la Zona Templada Húmeda (IIIb).

Como la diferencia de temperaturas (superficial interior y rocío) es de 0,9°C existe un riesgo de condensación intersticial que verificaremos luego.

Es interesante conocer cual es la resistencia térmica crítica en la cual se produce riesgo de condensación para lo cual seguiremos el siguiente proceso de cálculo:

5.5.b. PROCESO INVERSO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA TERMICA MINIMA EVITANDO LA CONDENSACION SUPERFICIAL

Reemplazamos en

$$T_{Si} = T_i - \tau$$

la T_{Si} por la Temperatura de Saturación y despejamos τ :

$$T_{sat} = T_i - \tau$$

$$\tau = T_i - T_{sat}$$

$$\tau = 20^\circ\text{C} - 15,5^\circ\text{C} = 4,5^\circ\text{C}$$

Luego en:

$$\tau = \frac{R_{Si} \cdot A_t}{R_t}$$

, despejamos R_t y obtenemos:

$$R_t = \frac{R_{Si} \times A_t}{\tau}$$

$$R_t = \frac{0,12 \text{ m}^2\text{C/W} \times 17,6^\circ\text{C}}{4,5^\circ\text{C}} = 0,47 \text{ m}^2\text{C/W},$$

que corresponde a un $K = 2,1 \text{ W/m}^2\text{C}$.

5.6. VERIFICACION DE RIESGO DE CONDENSACION INTERSTICIAL

Se explicará seguidamente el llenado de la Planilla 3. Las columnas 4 a 7 se completarán con los valores obtenidos en el cálculo del coeficiente "K" para muros y techos.

Deberemos tener la precaución de agregar las pinturas como una capa más, por ejemplo sobre el revoque interior se adicionará pintura al latex y sobre el exterior nada por ser ladrillo a la

- *H_{ri} (Humedad Relativa Interior)*: Según la versión de la Norma actualmente vigente recomienda 50%. Nosotros adoptaremos 75% correspondiente a la versión del '80 de la misma norma ya que el valor actual es totalmente irreal en función de los sistemas de acondicionamiento ambiental utilizados en el país.
- *R_{Si} (Resistencia Superficial Interior)*.
- *R_{Se} (Resistencia Superficial Externa)*.
- *(Conductividad Térmica)*.
- *δ (Permeabilidad)*: Se obtendrán del Cuadro 6.
- *p (Permeancia)*: Idem anterior.
- *R_t (Resistencia Total del Elemento)*.

5.5.a. METODO DE VERIFICACION DEL RIESGO DE CONDENSACION SUPERFICIAL

Se realizará la verificación para el ejemplo de muro doble con cámara de aire.

En primer lugar se determinará la diferencia de temperaturas según la siguiente expresión:

$$\Delta T = T_i - T_o$$

$$\Delta T = 20^{\circ}\text{C} - 2,4^{\circ}\text{C} = 17,6^{\circ}\text{C}$$

Luego determinaremos la caída de temperatura en la superficie interna (γ) del muro según la siguiente expresión:

$$\gamma = \frac{R_{Si} \cdot \Delta T}{R_t}$$

$$\gamma = \frac{0,12\text{m}^2\text{C/W} \cdot 17,6^{\circ}\text{C}}{0,59\text{m}^2\text{C/W}} \text{ de caída de temperatura de la superficie interna.}$$

En tercer lugar determinaremos la temperatura superficial interna del muro (A_i), de la siguiente manera:

$$A_i = T_i - \gamma$$

$$A_i = 20^{\circ}\text{C} - 3,6^{\circ}\text{C} = 16,4^{\circ}\text{C}$$

Finalmente y mediante el diagrama psicrométrico obtendremos la temperatura de rocío para las condiciones en el interior de la

b. Permeabilidad al vapor de agua

La difusión del vapor de agua juega un importante rol en la construcción. Se la debe tener en cuenta especialmente al elegir los materiales de recubrimiento de superficies. Los muros deben construirse de tal modo que las capas con mayor capacidad de difusión se vayan sucediendo hacia el exterior. Esto se debe a que bajo condiciones normales el flujo de difusión del vapor de agua se dirige desde el interior hacia el exterior.

En la física de la construcción se emplean básicamente dos magnitudes para describir la difusión del vapor de agua. Una es la llamada resistencia a la difusión " μ ", que indica cuanto más grande resulta la resistencia a la difusión de un cierto material al compararla con la correspondiente a una capa de aire en reposo del mismo espesor. Se considera que el aire posee un valor $\mu=1$. El valor " μ " implica en consecuencia una relación, y es por lo tanto adimensional.

Junto a este valor " μ ", que corresponde a una constante del material, el espesor de la capa del material juega un papel importante en relación a la difusión. Si se multiplica " μ " por el espesor " s " de la capa se obtiene el espesor del aire equivalente " s_d ". Este valor entrega el espesor que debe tener una capa de aire para que su resistencia a la difusión sea igual a la del material examinado.

$$S_d = \mu \cdot s \quad (m)$$

5.5. CALCULO DEL RIESGO DE CONDENSACION

Para la verificación del riesgo de condensación se utilizarán los siguientes datos necesarios para el cálculo:

- * Conductividad Térmica de Elementos Constructivos.
- * Resistencias Térmicas Superficiales y de Cámaras de Aire.
- * Permeabilidad y Permeancia de materiales constructivos.
- * Temperatura mínima de diseño según zona bioambiental (Norma IRAM 11 603).

Datos necesarios:

- *Te (Temperatura Exterior de Diseño):* Se tomará el dato de la Norma IRAM 11 603. Este valor depende de la Zona Bioambiental donde se esté realizando la verificación.
- *HRe (Humedad Relativa Exterior):* Se adoptará 80% en todos los casos.
- *Ti (Temperatura Interior de Diseño):* Se adoptarán valores diferenciados en función del nivel de calefacción de los locales. $T_i = 18^\circ\text{C}$ para locales de uso no permanente y $T_i = 20^\circ\text{C}$ para locales de uso permanente (Cocina-comedor diario).

de un material y su contenido de humedad, como también los daños producidos por las heladas y las sales que eventualmente se encuentran disueltas en el agua. En los materiales de origen mineral la absorción se produce a través de la red interna de poros y capilares. Los principales mecanismos de absorción son los siguientes:

- * Absorción de aguas de lluvias
- * Absorción de aguas que escurren por una pendiente
- * Absorción de aguas subterráneas
- * Absorción por condensación
- * Absorción por condensación capilar
- * Absorción por higroscopicidad

En los primeros tres casos la humedad es captada en forma líquida. En los tres últimos, en forma de vapor.

Estos tipos de absorción a partir del estado de gas resultan en un principio indivisibles, por lo que normalmente no se les concede mayor importancia. Precisamente por esto resultan particularmente peligrosas, ya que sólo son percibidas una vez que el daño se ha materializado. A continuación se describen brevemente cada uno de los mecanismos mencionados; en lo referente a absorción en estado de vapor de agua.

a) Absorción de agua por condensación

El proceso de precipitación del vapor de agua existente en la atmósfera recibe el nombre de condensación.

Este fenómeno ocurre cuando se supera el llamado punto de saturación. Para cada temperatura el aire, está en condición de absorber una cantidad máxima de humedad, que se denomina humedad de saturación. Por otra parte, el contenido de humedad del aire en cada instante se conoce como humedad relativa. Esta indica en consecuencia el porcentaje de humedad contenida en el aire a una cierta temperatura.

$$\text{HUMEDAD RELATIVA EN \%} = \frac{\text{CONTENIDO DE HUMEDAD EN Gr/m}^3 \cdot 100}{\text{HUMEDAD DE SATURACION EN Gr/m}^3}$$

La relación que existe entre la temperatura y la humedad del aire se puede observar en el diagrama de la Figura 5.

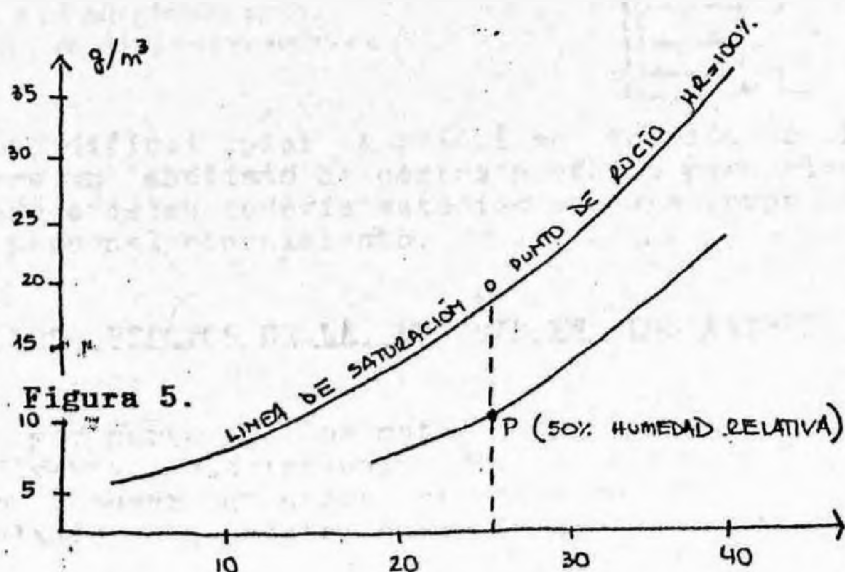


Figura 5.

Otra solución es suprimir la cámara rellenándola de un aislante térmico específico, alguno de los cuales funcionan como barrera de vapor, lo que equivaldría a suprimir parcial o totalmente la cámara y muchos de los posibles problemas. En cualquier caso nunca se pondrá una barrera de vapor en la cara fría del muro.

Sintetizando existen varias posibilidades de ubicación del aislante y en consecuencia de la barrera de vapor:

Figura 4. Modos de ubicación del aislante térmico y la barrera de vapor en muros.

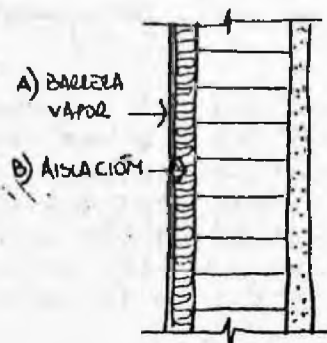
4.1. Aislante en la cara interior del elemento

Ventajas:

- ‡ Es una solución adecuada en edificios construidos.
- ‡ Velocidad de ejecución con mano de obra especializada.

Desventajas:

- ‡ Costo, por cuanto se debe construir un revestimiento interior para proteger al aislante y la barrera de vapor.
- ‡ Necesita una estructura adicional de madera o metálica para soportar el revestimiento.
- ‡ Se pierde la inercia térmica del muro



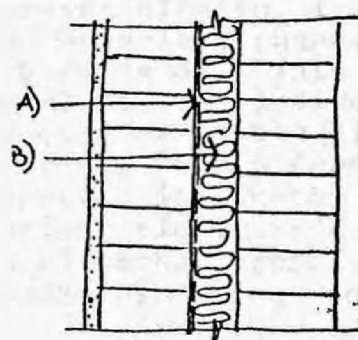
4.2. Aislante en el medio de dos muros

Ventajas:

- ‡ Es la solución efectiva para reemplazar la cámara de aire.
- ‡ Es simple de construir.
- ‡ Podría ser la más económica.
- ‡ Se mantiene la inercia térmica del tabique interior.
- ‡ Permite acabados rústicos de superficies interiores y exteriores ahorrando revoques.

Desventajas:

- ‡ Tiempo de ejecución.
- ‡ Necesidad de mano de obra capacitada.
- ‡ Necesita barrera de vapor.



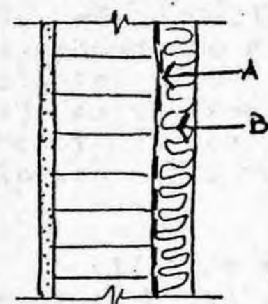
4.3. Aislante en la cara exterior

Ventajas:

- ‡ Puede no necesitarse barrera de vapor.
- ‡ Es factible de utilizar en edificios construidos.
- ‡ Aprovecha la inercia térmica del cerramiento.

Desventajas:

- ‡ Necesita un recubrimiento exterior y una estructura de sostén.
- ‡ Genera problemas de imagen si se utilizan chapas como revestimiento
- ‡ Puede tener problemas de costos.



En todos los casos es difícil optar a priori en función de los costos. Debe realizarse un análisis de costos profundo para elegir la solución óptima. No existen todavía estudios en este campo para el país que tengamos personal conocimiento.

5.4. CONCEPTOS SOBRE LOS EFECTOS DE LA HUMEDAD EN LOS MATERIALES DE CONSTRUCCION

La captación de agua por parte de los materiales de construcción produce en ellos diversas alteraciones de sus características originales, que pueden causar -en casos extremos- su destrucción. Basta recordar la relación que existe entre la aislación térmica

tracción hasta las que tienen temperatura inferior a la de rocío, y que por esta razón se llaman barrera de vapor.

La posición de esta barrera debe estudiarse con cuidado porque si es demasiado superficial pueden darse condensaciones en el paramento (revestimientos de baños y cocinas). En los locales en los que ocasionalmente puede haber una gran producción de vapor, como el los baños durante la ducha conviene que haya elementos capaces de absorber el exceso momentáneo de humedad para cederla al ambiente a medida que se normalice la situación. Para cumplir esta función podemos utilizar yeso en el cielorraso que es muy adecuado por su higroscopicidad, pero siempre que la pintura de acabado no forme barrera de vapor (pinturas acrílicas).

Otro medio de evitar condensaciones intersticiales es conseguir que la pendiente de la línea de temperaturas sea muy grande cerca de la cara exterior del muro, colocando en ella el aislante térmico, con lo que el vapor llegará a compresión muy reducida a la zona del muro donde las temperaturas son bajas. El problema de esta disposición es que los materiales aislantes tienen escasa resistencia mecánica por lo que para situarlos en el exterior es necesario protegerlos superficialmente.

Habitualmente se cree que la aparición de condensación en las cámaras de aire se debe a la entrada de humedad exterior, cuando en las épocas de calefacción, lo normal es que proceda del interior pues dentro hay una presión de vapor mayor al tener el aire una temperatura más alta. Por eso es frecuente que se cometa el error de impermeabilizar la superficie exterior del muro con productos plásticos, o con base de caucho medianeras impermeabilizadas con membranas asfálticas con terminación aluminizada. Todas estas "soluciones" impiden que la pared o el techo "respiren" impidiendo la cesión al exterior de la humedad producida en el invierno durante el verano.

Para eliminar la humedad de una cámara de aire lo más sencillo sería ventilarla, pero si se renueva el aire con el procedente del exterior, perderemos la capa exterior como aislante térmico. Además se producirá una convección del aire contenido en la cámara de aire que acelerará el intercambio de calor entre la pared interior de la vivienda y el exterior. En otras palabras no es una buena solución.

Existen soluciones intermedias como son: reducir la ventilación al mínimo indispensable, introducir aire interior con salida hacia el exterior lo cual es difícil de conseguir por medios naturales. Podría colocarse una barrera de vapor en la cara externa del tabique interior, con las dificultades constructivas que esto conlleva. Se pueden emplear láminas de aluminio que además de hacer la función de barrera, reflejan el 90% de la radiación infrarroja (calor) hacia el interior. Esta es la solución ideal pero posee un alto costo.

Como soluciones intermedias podemos reemplazar al aluminio en su función de barrera de vapor por polietileno de alta densidad de 100 o más micrones de espesor o tres manos de asfalto emulsionado, con un costo muy inferior y un resultado aceptable.

En ciertos casos aparecerá una mancha de humedad, que habitualmente se suele suponer que proviene del exterior o de la pérdida de una cañería entre otras hipótesis. En casos más leves la humedad resulta imperceptible pero en el paramento se fijará el polvo con mayor facilidad ennegreciéndose.

A modo ilustrativo podemos observar que este fenómeno ocurre con mayor frecuencia en los muros de orientación sur, en zonas por sobre el dintel de las aberturas donde se estratifica el aire caliente ó donde se produce una discontinuidad en la homogeneidad del muro. Esta discontinuidad que llamaremos puentes térmicos se producen cuando los muros o techos contienen, por ejemplo: vigas, columnas, etc.

Existen dos tipos de condensación que vamos a analizar y verificar:

- Condensación superficial
- Condensación intersticial

5.2. LA CONDENSACION SUPERFICIAL

Este tipo de condensación se refiere a la producida en la cara superficial interior del elemento cuando en esta o próxima a ella se produce el punto de rocío. La condensación intersticial se refiere a la producida en alguna capa intermedia del elemento.

Como referencia un elemento de cerramiento con un $K = 4 \text{ W/m}^2\text{°C}$, produce condensación superficial bajo los parámetros de la Norma IRAM 11 625 en la zona de La Plata (IIIb).

5.3. LA CONDENSACION INTERSTICIAL

El vapor de agua del ambiente interior penetra en el interior de un muro aunque este tenga una resistencia térmica adecuada, en algún plano interior puede ocurrir que la temperatura del muro sea inferior a la de rocío para la presión de vapor existente produciéndose condensación.

Al estar el material empapado y perder resistencia térmica, en las inmediaciones del plano donde ha habido condensaciones la recta de las temperaturas perderá pendiente y la temperatura de rocío se alcanzará un poco más a la derecha aumentando progresivamente la porción de muro empapado. La humedad también avanzará por capilaridad hacia el interior dando como resultado que el proceso vaya también en dirección contraria, pudiendo terminar el muro completamente empapado. Este fenómeno se da con mayor frecuencia cuando la diferencia entre la temperatura interior y exterior es grande, o cuando la humedad relativa interior es muy alta.

Para solucionar el problema pueden ventilarse los locales eliminando el exceso de vapor que pudiera haber en el aire interior y reduciendo la presión del mismo, lo cual supone incrementar las pérdidas de calor, o añadir una capa al muro que impida su pene-